DER JUNGE FUNKER

Klaus Schlenzig

Teil I

Wege zum Gerät

— Ein Leitfaden für Anfänger —





13

Der junge Funker • Band 13

Wege zum Gerät • Teil I

Klaus Schlenzig

Wege zum Gerät

Ein Leitfaden für Anfänger

TEIL I



Deutscher Militärverlag

Redaktionsschluß: 29. November 1968

1.—10. Tausend
Deutscher Militärverlag · Berlin 1969 · Lizenz-Nr. 5
Lektor: Sonja Topolov
Fotos: Autor · Zeichnungen: Heinz Grothmann
Vorauskorrektor und Korrektor: Ingeborg Kern
Typografie: Dieter Lebek · Hersteller: Frank Becher
Gesamtherstellung: IV-14-48 Volksstimme Magdeburg
1,90

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

Diese Broschürenreihe wendet sich – das zeigen die bisherigen Titel – vor allem an Schüler und Jugendliche, die durch praktische Selbstbetätigung in das Gebiet der Funktechnik und der Elektronik eindringen wollen. Dadurch qualifizieren sie sich „spielend“ für die Aufgaben, die ihnen unsere Gesellschaft in Industrie und Armee im technischen Zeitalter stellt. Dieses Eindringen geschieht auf zweierlei Art: Die erste besteht in der Beschäftigung mit interessant erscheinenden Schaltungen, die man in der *Bastelliteratur* findet, während die zweite speziell in der Gesellschaft für Sport und Technik vielfältige Betätigungsmöglichkeiten bietet, nämlich im *Funksport* mit seinen zahlreichen Arten der Nachrichtenübermittlung. Die Ausbildung beginnt dort mit dem *Tastfunk*; denn Gruppen von Morsezeichen sind noch heute die sichersten Träger von Nachrichten über große Entfernungen. Morsen aber muß man lernen, und entsprechend einfache Übungsgeräte dafür lassen sich leicht zu Hause anfertigen. Später lernt der junge Funker dann immer kompliziertere Geräte kennen, mit denen er arbeiten soll. Sie in ihrem Aufbau grundsätzlich besser verstehen zu lernen und dadurch auch leichter reparieren zu können, ist damit eine weitere Forderung an seine technischen Fähigkeiten.

Kehren wir zur ersten Art zurück. Während die Bedienung eines Funkgeräts bereits das Zusammenwirken eines fertigen Produkts mit dem bedeutet, der es bedient, bildet eine der Bastelliteratur entnommene Schaltung, wenn man sich ihrer Wirkungen bedienen will, erst den Ausgangspunkt für einen oft langen Weg, an dessen Ende *das Gerät* steht. Selbstver-

ständlich ist es möglich, auch mit einem Drahthaufen aus schaltungsgemäß zusammengelöteten Bauelementen Rundfunk zu hören, doch schon der Freund weiß kaum noch, wie er etwa einen anderen Sender einstellen kann. Jede zufällige Berührung kann der Freude ein Ende bereiten, und transportieren läßt sich ein solches Gebilde schon gar nicht. Oft wird nicht einmal sein Schöpfer diese Kombination von Bauelementen als „Gerät" ansprechen. Leider tun das aber dann viele, sobald erst 6 Wände das Innere vor den Augen der Umwelt verbergen! Sicher gehört üblicherweise zu einem vollständigen Gerät ein Gehäuse, doch sind auch noch einige andere Punkte zu beachten, wenn wirklich optimale Wirkung aus einer vorgegebenen Schaltung erzielt werden soll.

Die schaltungsbezogene Bastelliteratur bietet zu dieser Seite der Selbstbetätigung auf elektronischem Gebiet entweder zugunsten der Schaltungsbeschreibung relativ wenig, so daß man auf seine polytechnischen Kenntnisse angewiesen ist, oder es wird – objektgebunden – jeweils nur eine Möglichkeit bestimmter Technologie vorgegeben, die nicht unbedingt optimal sein muß. Leider hat es sich gezeigt, daß dadurch sehr viele Bastler nur zu Lösungen gelangen, die tatsächlich „gebastelt" aussehen, obwohl es heute viele einfach anzuwendende Verfahren und Materialien gibt, mit deren Hilfe ein wirklich ansprechendes Endprodukt erzielt werden kann. Nur auf diese Weise aber gelangt man zu einem vollständigen Erfolgserlebnis, und nur dann bringen die selbstgebauten Geräte auch nach längerer Zeit noch Freude bei ihrer Benutzung. Das aber sollten sie unbedingt, denn oft steckt in ihnen ein erheblicher Wert an Bauelementen und an Zeit. Sie verdienen es also, daß man auch einen entsprechenden Arbeitswert auf sie verwendet.

Nur ein sorgfältig durchdachtes und aufgebautes Gerät garantiert zuverlässige Funktion, und auf diese kommt es an; besonders dann, wenn vielleicht Menschenleben davon abhängen (man denke nur an einen Seenotsender). Bei dieser zuverlässigen Funktion und, damit verbunden, der günstig-

sten Handhabung aber schließt sich der Kreis wieder, denn das sind auch die Forderungen des Armeefunkers an sein Gerät.

Die vorliegende Broschüre hat sich daher das Ziel gestellt, dem Leser die wichtigsten Gedankengänge zu erläutern, die er von der Auswahl der Schaltung bis zum Aufbau des Geräts beachten sollte, damit die genannten Voraussetzungen erfüllt werden. Erst dann wird der Bastler wirklich zum Amateur, wenn er neben den ihm ohnehin sehr bald vertrauten elektrischen Betrachtungen auch entsprechende konstruktive und technologische Überlegungen anstellen kann, unabhängig davon, ob die gewählte Literaturstelle sie bietet.

Ein großer Teil des gebotenen Stoffes geht auf das in der Amateurbibliothek des Deutschen Militärverlags erschienene Buch *Amateurtechnologie – von der Schaltung zum Gerät* zurück. Der Fortgeschrittene wird daraus also seine eben gewonnenen Kenntnisse noch erheblich erweitern können. In dieser Broschüre wurde jedoch zur Straffung und Optimierung der Information trotz wesentlich geringerer Fläche in mindestens 2 Punkten anders verfahren: Jedes Kapitel beginnt mit einer konzentrierten Aussage des Kapitelinhalts. Außerdem wurden im Sinn einer möglichst guten Ausbildung innerhalb des Funksports der GST Beispiele gewählt, die z. B. als Morseübungsgeräte Verwendung finden können (vgl. die Broschüre von *R. Oettel* in derselben Reihe), aber auch für andere Zwecke. Dieser Teil des Stoffes ist allerdings erst in dem zweiten Teil dieser Broschüre enthalten.

2. Gerätetechnik — eine Übersicht

Wie wird eine Schaltung zum Gerät, und wie bildet sich der jeweilige Stand der Technik ab?

2.1. Entwurf eines Geräts

Ein elektronisches Gerät hat ganz allgemein die Aufgabe, einen beliebigen Ablauf in seiner Umwelt mit vorwiegend elektronischen Mitteln zu beobachten, wiederzugeben oder zu beeinflussen. Es ist also ein Mittler zwischen Mensch und Umwelt, zwischen Mensch und Mensch (z. B. Funkgerät) oder zwischen automatisch ablaufenden Prozessen (z. B. Steuer- und Regeltechnik). Die vielfältigen Kopplungen und Möglichkeiten dafür gibt Bild 1 wieder.

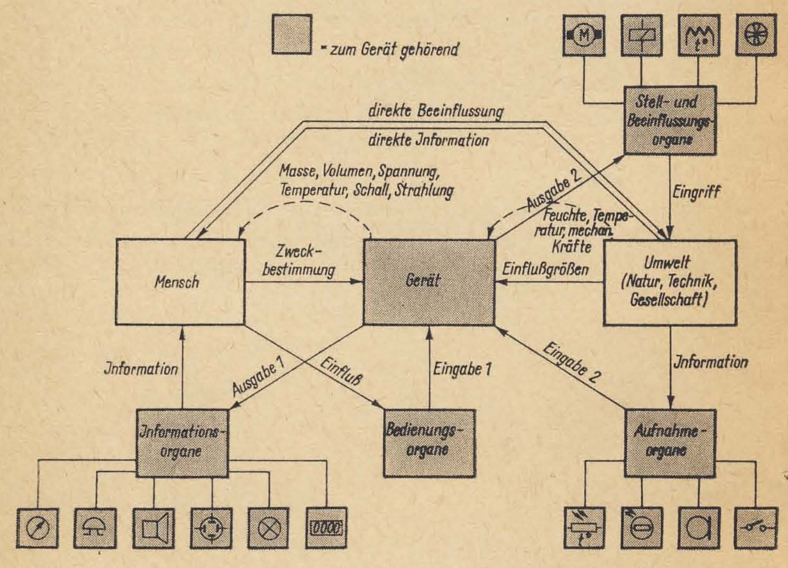


Bild 1 Elektronisches Gerät – Stellung und Beziehungen zur Umwelt

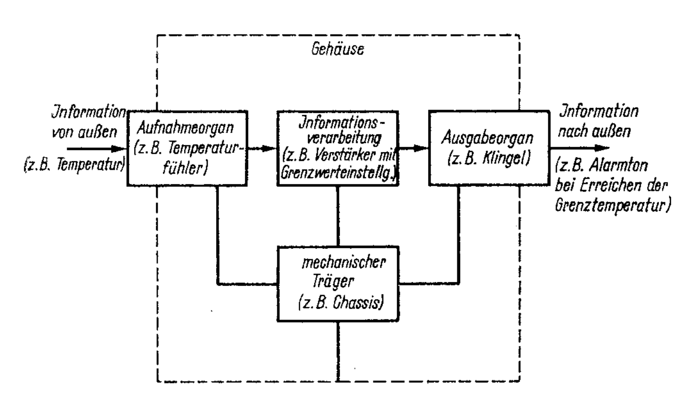


Bild 2 Elemente eines elektronischen Geräts

Ein solches Gerät besteht damit nach Bild 2 aus 3 Funktionsteilen: *Aufnahmeorgan*, *informationsverarbeitender Schaltung* und *Ausgabeorgan* (im Fall eines Morseübungsgeräts sind das *Taste*, *Generator* und *Kopfhörer*). Getragen werden diese Teile von einer mechanischen Konstruktion (dem Chassis oder der Leiterplatte); ein Gehäuse schützt sie vor äußeren Einwirkungen und weist an seiner Oberfläche den Bedienteilen sowie den Ein- und Ausgabeorganen (eigentlich ist ein Bedienteil, z. B. ein Potentiometer für die Lautstärke, auch ein Eingabeorgan) bestimmte Plätze zu, die dem Menschen und dem Zweck angepaßt sind. Man erkennt, daß die Schaltung selbst im Gesamtvolumen und oft auch im Arbeitsaufwand nur einen Teil des Geräts ausmacht. Entsprechend dieser Sachlage ergibt sich bei dem Vorhaben *Bau eines Geräts* ein Ablauf, wie ihn Bild 3 in großen Zügen beschreibt. Betrachten wir die einzelnen Phasen!

1) Feststellen der derzeit für den Amateur gegebenen technischen Möglichkeiten aus der Literatur bzw. dem Bauelementesortiment;
2) Aufstellen eines „Pflichtenhefts", das die gewünschten technischen Daten enthält. Das sind z. B. Angaben zu:

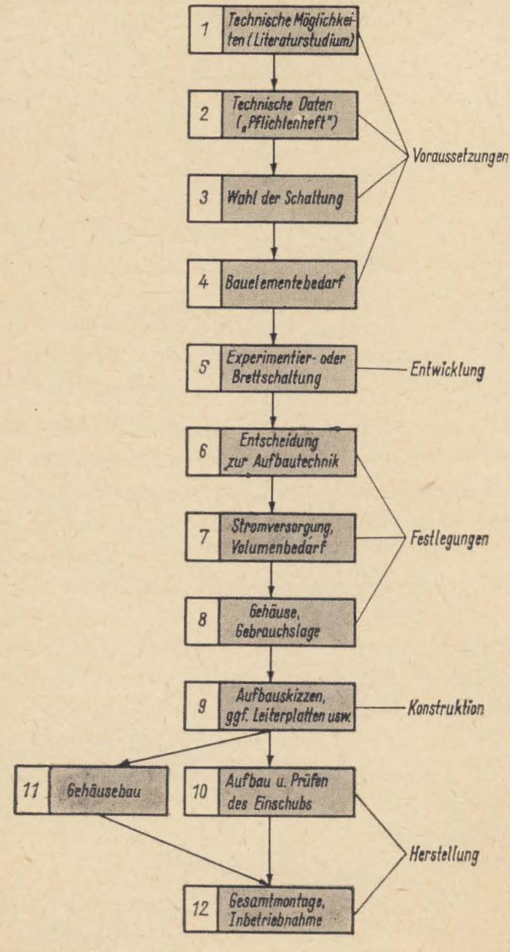


Bild 3 Werdegang eines Amateurgeräts

Eingangsgröße – Ausgangsgröße – Bereich – Genauigkeit – Stromversorgung – Masse – Volumen – Stabilität (z. B. Schüttelfestigkeit) – Klimaverhalten (Feuchte, Temperatur);

3) Auswahl einer geeignet erscheinenden Schaltung aus der Literatur oder (bei Fortgeschrittenen) Entwurf aus der eigenen Erfahrung;

4) Aufstellen des voraussichtlichen Bauelementebedarfs;

5) Aufbau einer *Brettschaltung* (Experimentierschaltung); Versuche, Änderungen;

6) Entscheidung bezüglich Aufbautechnik (gedruckte Schaltung oder „klassisches" Chassis, bei gedruckter Schaltung Spezialleiterplatte oder Baugruppentechnik); Verwertung der Erfahrungen von Punkt 5); Schirmbedarf, notwendige Stabilität des Gerüsts bei schweren Bauelementen;

7) Entscheidung hinsichtlich Stromversorgung und Abschätzen des gesamten Volumenbedarfs;

8) Entscheidung in bezug auf Gehäuse und Gebrauchslage: Eigenfertigung oder Angebot des Handels;

9) Aufbauskizzen; bei Entscheidung für gedruckte Schaltung Ablauf entsprechend den weiter unten gegebenen Hinweisen;

10) Aufbau des Einschubs (also des fast fertigen Geräts, dem nur noch das Gehäuse fehlt), Prüfung der elektrischen Funktion;

11) Bau bzw. Anpassung des Gehäuses;

12) Gesamtmontage, Inbetriebnahme.

Innerhalb dieses Schemas sind 3 Punkte von großer Bedeutung für das Endprodukt: *Wahl der Schaltung, Frage nach Spezialleiterplatte oder Baugruppentechnik* und *Stromversorgung*. Bei der zweiten Frage spielt gleichzeitig in gewissem Sinn auch die Gehäuseentscheidung mit, außerdem die mit dem Äußeren verbundenen gestalterischen Gesichtspunkte

betreffs der Bedienungs- und Informationsorgane. Den genannten 3 Punkten sind die folgenden Abschnitte gewidmet.

2.2. Wahl der Schaltung

Jedes Gerät, das man sich schafft, darf etwas komplizierter als das vorhergegangene sein. Häufig unterscheiden sich viele nachbaufähige Schaltungen der Literatur nur unwesentlich voneinander. Ein mißtrauischer Anfänger beginnt dann am besten dort, wo verschiedene Autoren zu ähnlichen Lösungen gekommen sind und wo möglichst das Endprodukt auch durch Fotos belegt wird. Ist in einer Anleitung von zu vielen Einstellfaktoren die Rede, so dürfte eine Brettschaltung zur eigenen Sicherheit auch dann sinnvoll sein, wenn man sich genau an die Vorschrift hält und gleiche Bauelemente einsetzt. Das kann auch darum nützlich sein, weil sich in einer Versuchsschaltung viel schneller einige Werte variieren lassen. Die Ergebnisse dienen der eigenen Qualifizierung, denn man sammelt auf diese Weise Erfahrungen.

In gründlich durchgearbeiteten Bauanleitungen findet der Anfänger oft auch Leitungsmuster, die ihm den Nachbau erleichtern sollen. Das sei aber dem im Entwurf noch ungeübten Neuling vorbehalten und den Fällen, in denen das Gebotene tatsächlich eine optimale Lösung zu sein scheint. Dies positiv zu entscheiden setzt aber voraus, daß die Gesamterscheinung des beschriebenen Geräts dem eigenen angestrebten Zweck weitgehend entgegenkommt. Im übrigen ist *die* Schaltung für die gewünschte Wirkung die (zunächst) günstigste, die dem Ziel mit einem Minimum möglichst preiswerter Bauelemente nahekommt, die dabei nicht außerhalb ihrer Grenzwerte beansprucht werden und deren Zusammenspiel der Amateur übersehen kann. Im *Wachsen mit der Schaltung* – in der Auseinandersetzung mit ihr, im Streben nach einer noch besseren Lösung – wird der Aufwand ohnehin schnell größer, werden Rückführungen, Korrekturglieder u. a. eingefügt, die das Endprodukt optimieren.

2.3. Spezialleiterplatte oder Baugruppen?

Sinn und Zweckmäßigkeit der Aufteilung eines Geräts in Baugruppen behandelt Kapitel 6. Hat man sich also grundsätzlich für die gedruckte Schaltung entschieden, so muß man anschließend abwägen, ob ein Aufbau in Baugruppen oder eine spezielle Leiterplatte für den Einzelfall günstiger ist. Argumente, die für diese spezielle Platte sprechen, sind z. B.:

a) Gerät soll ständig benutzt werden (z. B. Taschenempfänger, Vielfachmesser u. ä.).

b) Die Schaltungsteile sind wenig oder nur mit großem Zusatzaufwand für Mehrfachverwendung geeignet (z. B. Meßbrücke mit mehreren Bereichen).

c) Anpassung an ein vorhandenes Gehäuse ist erforderlich.

d) Bestimmte Proportionen Länge : Breite : Höhe werden gefordert.

e) Außengestaltung verlangt bestimmte Lage von Informations- und Bedienungselementen, die einer günstigen Baugruppenanordnung entgegensteht.

f) Spezielle Leiterplatte liegt bereits vor, abgestimmt auf Gesamtgerät (Bausätze).

g) Schaltung ist so wenig aufwendig, daß sie praktisch dem Funktionsinhalt einer einzelnen Baugruppe entspricht.

In allen anderen Fällen dürften aus später genannten Gründen (steckbare) Baugruppen günstiger sein, teils wegen der konstruktiven Aufgliederung und besseren Zugänglichkeit, teils wegen der mehrfachen Verwendbarkeit(ein ökonomisches Problem – nicht nur für den Anfänger!). Das bezieht sich auf die spezielle Baugruppenlösung der Steckbarkeit und damit der schnellen Auswechselbarkeit für verschiedene Geräte; fest eingebaute Baugruppen sind ebenfalls möglich.

2.4. Welche Stromversorgung?

Transistorisierte Geräte werden mit eingebauter Batterie unkompliziert, leicht, handlich und ortsungebunden. Ökonomie und Strombedarf ziehen aber eine Grenze. Bei Betriebsstundenpreisen von über 0,10 M sieht man sich wohl auch bei seltener benutzten Geräten nach billigeren Lösungen um. Hoher Strom erhöht auch die Verkopplungsgefahr über den Batterieinnenwiderstand. An den verschiedenen Größenklassen tragbarer Rundfunkempfänger erkennt man die gegenseitige Abhängigkeit von Lautsprechergröße, möglicher Sprechleistung, dazu erforderlichem Strom und von diesem bedingten Batterievolumen. Die kleinsten Empfänger kommen mit Gnomzellen oder Knopfakkus aus; und selbst bei ihnen strebt man noch wenigstens 10 bis 30 Betriebsstunden an. 1 W Sprechleistung gilt als Richtwert bei Verwendung der größten und preisgünstigsten Trockenelemente, der Monozellen. Sie erlauben bei nicht zu großen Lautstärken Betriebszeiten von weit über 100 Stunden. Der Stundenpreis nähert sich dabei der Größenordnung von 0,01 M.

Ähnliche Verhältnisse liegen bei vielen Meß- und Prüfgeräten vor. Dort besteht aber oft noch ein anderes Problem: die mit Betriebszeit und Belastung sinkende Klemmenspannung (für Meßschaltungen genauso störend wie für Oszillatoren). Dagegen gibt es zwei Mittel: den Bleisammler und die Regelschaltung.

Die übrigen Phasen des Ablaufs nach Bild 3 sind Gegenstand der folgenden Kapitel. Wenden wir uns deshalb jetzt noch einigen allgemeinen Gesichtspunkten zu, die das Erscheinungsbild elektronischer Geräte wesentlich mitbestimmen, nämlich der Zweckbestimmung und den zeitbedingten Voraussetzungen. *Zeitbedingt* ist in diesem Fall wörtlich zu nehmen; es läuft auf eine Art historischen Überblick hinaus, denn ein Gerät kann nur so gut und so handlich werden, wie es die zur Verfügung stehenden Bauelemente zulassen.

2.5. Zweckbestimmung

Betrachten wir dazu 2 typische Fälle der Informationsübermittlung, nämlich *Telefon* und *Funksprechgerät.* Der Handapparat des Telefons besteht aus Sprech- und Hörkapsel. Ihr Abstand ist der Entfernung von Mund und Ohr angepaßt, ihr Frequenzbereich entspricht dem der Sprache, soweit sie für die Information von Bedeutung ist, und ihre Empfindlichkeit wurde der Stimme bzw. dem Ohr angeglichen. Das gilt grundsätzlich heute wie vor 100 Jahren. Geändert hat sich jedoch (erheblich!) der Schaltungsaufwand. Die Probleme des Selbstwählfernverkehrs, die Mehrfachausnutzung von Leitungen u. ä. brachten es mit sich, daß zwischen 2 Sprechstellen eine oft erhebliche Menge von Verstärkern und Verknüpfungsgliedern angeordnet ist. Trotz Miniaturisierung und Einsatz von Transistoren sind dafür große Volumen erforderlich. Das stört jedoch bei solchen stationären Einrichtungen weniger.

Genau umgekehrt liegt der Fall beim Funksprechgerät: Alle zur drahtlosen Übermittlung der Information nötigen Bauelemente müssen in einem Gehäuse vereint werden, dessen Größe möglichst nicht über die eines Telefonhandapparats hinausgehen soll. Dieser Zustand ist heute erreicht.

Miniaturisierung war aber noch notwendiger dort, wo es weniger darum ging, ein Gerät dem Menschen anzupassen, sondern in einer Anlage so viele Funktionsgruppen auf tragbarem Raum unterzubringen, wie für komplizierte Abläufe notwendig sind, z. B. in Datenverarbeitungsanlagen.
Solche Einrichtungen aber gehören untrennbar zu einer modernen Gesellschaft, gleichermaßen aber zu der entsprechenden Armee. Schnelligkeit und Präzision, z. B. der Luftabwehr, hängen wesentlich vom Aufwand ab, den man auf elektronischem Gebiet treibt. Ähnliches, nur mit noch viel schärferen Forderungen bezüglich Volumen und Masse, gilt für die elektronische Ausrüstung fliegender Objekte.
Die Technik elektronischer Geräte strebt also aus sehr unterschiedlichen Motiven zu ständiger Volumenverringerung.

Deren Grenzen werden dabei weniger von den technologischen Möglichkeiten der Hersteller bestimmt. Sie sind auch nur teilweise in der Ökonomie begründet. Sinnvolle Grenzen werden vielmehr durch den Menschen selbst gezogen, der in Wechselwirkung mit ihnen tritt und ihr Äußeres bestimmt (Handhabung, Wiedergabe u. ä.).

2.6. Elektronische Geräte im Wandel der Zeit

Jedes technische Produkt trägt die Merkmale seiner Zeit, in der es entstand. Stand der Technik und Art der Bauelemente bestimmen sowohl Masse als auch Äußeres eines Geräts. Der folgende Überblick macht das deutlich.

„Klassische" Gerätetechnik

Rund ein halbes Jahrhundert beherrschte die Elektronenröhre das Feld. Als dem Verschleiß unterworfenes Bauelement erhielt sie Steckkontakte. So waren auch viele der anderen Bauelemente gestaltet; man konnte sie rein mechanisch montieren oder entfernen, meist durch Schrauben oder Klemmen. An den „Veteranen" unter den Rundfunkempfängern lassen sich diese Grundzüge erkennen. Als Trägermaterial dienten Hartgummi und Bakelit (einer der ersten Kunststoffe). Genietete Blechstreifen oder in Klemmen gehaltene Drähte stellten Zwischenverbindungen her. Bild 4 vermittelt einen Eindruck von einem solchen alten Gerät. Es entstand in den 30er Jahren.

Stabilitäts-, Verarbeitungs- und Schirmgründe (die Verstärkungen wuchsen!) bedingten die Einführung des Blechchassis, wie es teilweise auch heute noch in Gebrauch ist. Sofern es Verkopplungen nicht verboten, verlegte man die Drähte streng parallel zueinander. Eine solche Schaltung war damals der Stolz des Amateurs. Wachsende Frequenz erforderte aber eine andere Technik, und so wurde in den HF-Stufen nach dem Prinzip des kürzesten Leistungszuges drei-

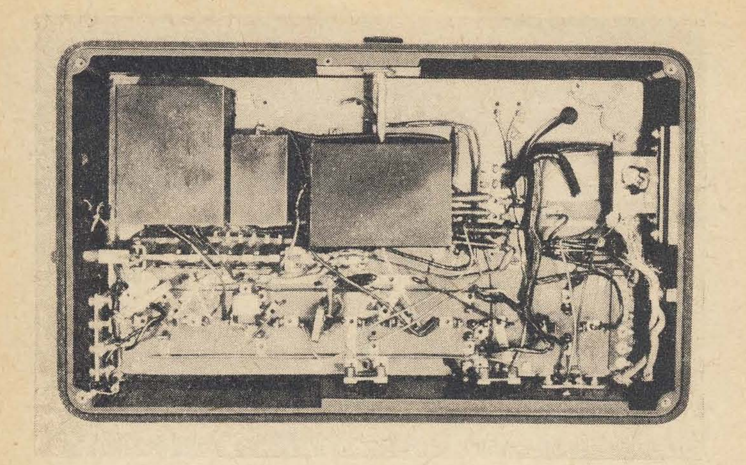


Bild 4 Technik eines Rundfunkempfängers vor etwa 4 Jahrzehnten

dimensional verdrahtet. Bei NF-Stufen und Stromversorgung faßte man die Bauelemente auf Lötösenleisten zusammen, wie das auch heute noch in „konventionellen" Schaltungen üblich ist. Die Verdrahtung lag hauptsächlich unterhalb des Chassis, das traf damit auch für die Bauelemente (mit Ausnahme der größeren) zu. Eine mit dem Chassis verbundene Frontplatte vereinte die Bedienelemente, die Skala u. a. Das gesamte Chassis wurde meist von hinten in das Gehäuse geschoben und mit Schrauben gesichert. Ein abgedeckter Ausschnitt in der Bodenwand gestaltete die Chassisunterseite für Reparaturen zugänglich. Durch große Stückzahlen wurde die Herstellung der Chassis für die Industrie rentabel, während sie für den Amateur ein kraft- und werkzeugintensives Vorhaben bedeutete. Umgekehrt verhielt es sich mit der Verdrahtung. Gerade sie erfordert in der Industrie den größten manuellen Aufwand, d. h. einen erheblichen Anteil nichtmechanisierbarer Handarbeit.

Gedruckte Schaltung

Bei den zahlreichen Faktoren, die zur Einführung dieser Technik führten, mag sicher die Möglichkeit der Automatisierung eine wichtige Rolle gespielt haben. Daneben bietet sie jedoch noch zahlreiche andere Vorteile, so daß – stückzahlabhängig – viele Betriebe heute gar nicht mehr an eine solche vollautomatische Produktion denken, sondern sich mit den anderen Vorzügen zufriedengeben, Vorzügen, die auch der Amateur für sich zu nutzen verstanden hat. Kapitel 4. geht darauf noch näher ein.

Die mechanische Stabilität der im allgemeinen nur 1,5 mm dicken Leiterplatte ist natürlich begrenzt. Der Rest eines Chassis charakterisiert daher viele größere Geräte dieser Technik, wie ein Blick in einen Fernsehempfänger zeigt: Das Chassis hat sich auf einen Rahmen reduziert, der die Leiterplatte(n) festhält und schwere Bauelemente, vor allem Transformatoren, trägt.

„Souverän“ wird die Leiterplatte als gleichzeitig elektrisch und mechanisch wirkendes Konstruktionselement in Kleingeräten, z. B. in Taschenempfängern, aber auch in den bereits mehrfach genannten Morseübungsgeräten, Prüfeinrichtungen u. ä. Solange ein elektronisches Gerät noch aus Bauelementen oder Funktionseinheiten besteht, die mit den Mitteln der Löttechnik zu einer Schaltung verbunden werden, solange wird auch die Leiterplatte notwendig sein. Noch hat sie ihre Möglichkeiten nicht voll entfaltet; man denke nur an die in Verbindung mit dem Einsatz von integrierten Schaltkreisen notwendigen Verbesserungen und Veränderungen, z. B. an 2seitig kaschiertes Material, Durchplattieren der Löcher zur Verringerung der Lötaugengröße und, zur Verbindung der beiden Leiterbahnen, an Mehrschichthalbzeug u. ä.

Bausteintechnik

Wachsender Funktionsinhalt, Zwang zu immer rationellerer Produktion bei steigenden Stückzahlen und die Forderung

des Service waren Gründe, aus denen heraus der Konstrukteur die von einem einzigen Chassis getragene Gesamtschaltung zu zerlegen begann. Auch der Amateur kann auf solche Weise Vorteile für sich erzielen, wenn auch auf anderen Gebieten.

Baugruppentechnik ist nicht an die Leiterplatte gebunden *, andererseits hat aber die Leiterplatte die Möglichkeiten der Bausteintechnik erst voll entfalten können. Das gilt sowohl für die Leiterplatte als bestimmenden Teil einer Baugruppe, die noch mit konventionellen Bauelementen bestückt ist, als auch für die Leiterplatte als Träger der in der Fußnote bereits genannten kleinen Bausteine, die zum Teil schon Produkte neuer Technologien sind (integrierte Schaltkreise, die funktionell die Zusammenschaltung mehrerer herkömmlicher Bauelemente ablösen). Das Ergebnis besteht in höherem Funktionsinhalt auf kleinem Raum.

Baugruppen standardisierter Maße und funktionell untereinander abgestimmter Anschlußwerte bilden Bausteinsysteme, die sich in der Industrie weitgehend durchgesetzt haben. Dem Amateur, gestaltet er solche Bausteine steckbar, gestatten sie bei relativ kleinem Bauelementeaufwand vielfältige Gerätekombinationen aus wenigen, immer wieder verwendbaren Baugruppen.

Integrierte Schaltungen

Es handelt sich bei diesen kleinen Bausteinen um Produkte von verschiedenen neuen Technologien, die einen zum Teil recht hohen apparativen Aufwand erfordern, dafür aber dem Geräteentwickler Lösungsmöglichkeiten eröffnen, ohne die echter technischer Fortschritt auf elektronischem Gebiet heute gar nicht mehr möglich wäre.

Es ist nicht Aufgabe der vorliegenden Broschüre, die Prinzipien und den gegenwärtigen Stand auf dem Gebiet integrier-

* Die Begriffe *Baustein* und *Baugruppe* werden hier vereinfachend gleichgesetzt. Exakt kann eine Baugruppe als übergeordnete Einheit bereits mehrere (kleine) Bausteine tragen, praktisch also auch mehr als eine Grundschaltung.

ter Schaltungen auszuweisen. Der Amateur wird in nächster Zeit auch weiterhin überwiegend mit dem Einzelbauelement zu tun haben, zumal seine Geräte meist keinen so großen Funktionsumfang haben, der zu dieser neuesten Technik zwingt. Zur Veranschaulichung der verschiedenen Varianten integrierter Schaltungen mag daher Bild 5 ausreichen.

Bild 6 ist der Versuch einer Übersicht der historischen Entwicklung elektronischer Geräte aus dieser Perspektive.

Eines jedenfalls ist sicher: Der Amateur wird auch weiterhin an dieser Entwicklung Anteil nehmen können, gleichgültig, ob er heute seine Schaltung oft noch vom einzelnen Bauelement an aufbaut, ob er sich bereits rationelle, mehrfach verwendbare Steckbausteine in Leiterplattentechnik mit Einzelbauelementen geschaffen hat und von ihnen aus Geräte entwirft, oder ob er seine Leiterplatten künftig mit Schaltkreisen bestückt, die ihm zeitlich und technisch größere Möglichkeiten bieten als alles Bisherige.

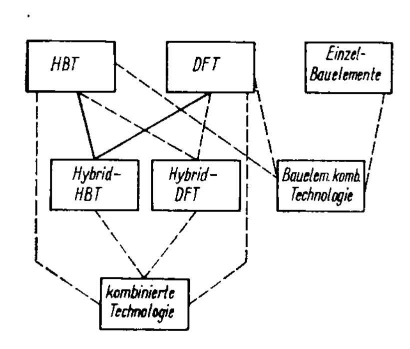


Bild 5

Schaltkreistechnologien aus der Sicht von 1968 (HBT=Halbleiterblocktechnik, DFT=Dünnfilmtechnik)

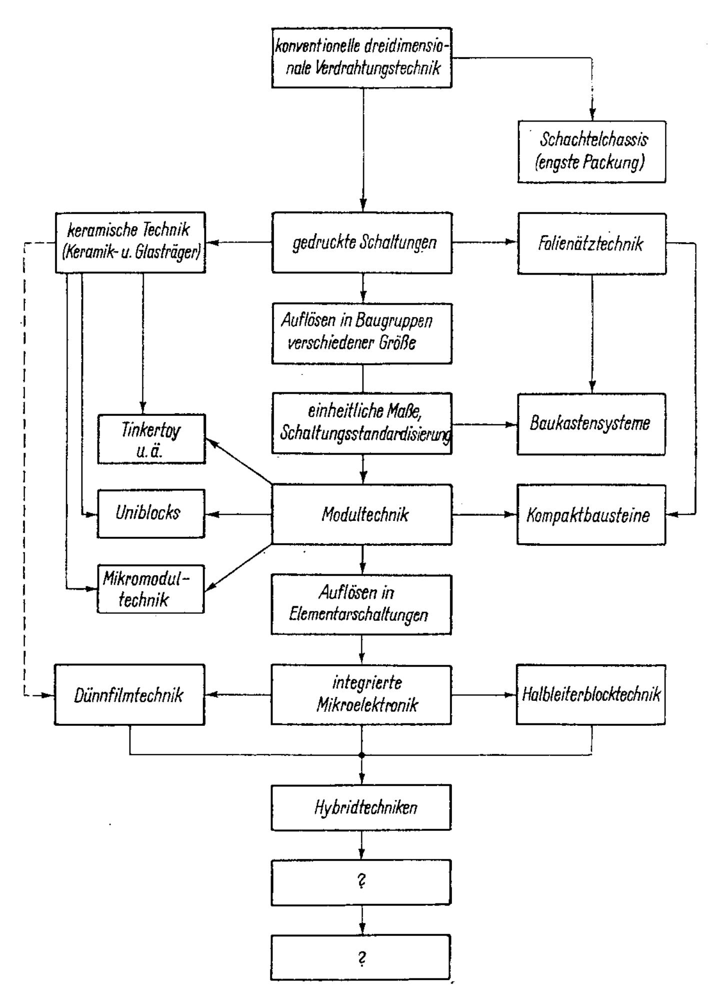


Bild 6 Gerätetechnologien im Wandel der Zeit

3. Die Versuchs- oder „Brett"-Schaltung

Vor dem Aufbau des Geräts muß eine Schaltung, d. h. das Zusammenspiel all ihrer Bauelemente, erprobt werden. Das gilt auch für Nachbauten, wenn nicht die gleichen Teile zur Verfügung stehen. Die Bauelemente müssen in diesem Stadium leicht auswechselbar sein. Andererseits wirkt sich manchmal schon eine falsche Anordnung funktionsmindernd aus. Am besten baue man bereits in der Technik des endgültigen Geräts; mechanische Änderungen müssen dabei rechtzeitig erkannt werden. Das Kapitel behandelt verschiedene Arten von Versuchsschaltungen.

Man darf das Wort *Brettschaltung* nicht allzu wörtlich nehmen. Allerdings war und ist auch heute noch Holz ein beliebtes Trägermaterial bei der ersten Versuchsschaltung, doch sollte man ihm nicht auch noch die Rolle eines Isolators zuordnen. Sobald Holz Feuchte aufgenommen hat, bildet es einen mehr oder weniger guten Leiter, der die Funktion der Schaltung in Frage stellen kann. Es dürfte also selbstverständlich sein, daß auf einem solchen Versuchsbrett Lötösenleisten, Röhren- oder Transistorfassungen u. ä. tatsächlich isoliert aufgebaut werden, d. h., daß ihre Kontakte keinerlei Berührung mit dem Holz ergeben. Höchstens niederohmige Schaltungen bei kleinen Spannungen in Zimmeratmosphäre bilden dabei eine Ausnahme. Bild 7 zeigt z. B. eine echte Brettschaltung nach beendeter Erprobung.

Wo Elektronenröhren eingesetzt werden und wo aus verschiedenen Gründen noch mit dem Blechchassis gearbeitet wird, bietet sich ein entsprechendes Experimentierchassis an, das für mehrere Röhrenfassungen ausgelegt ist, Lötösen-

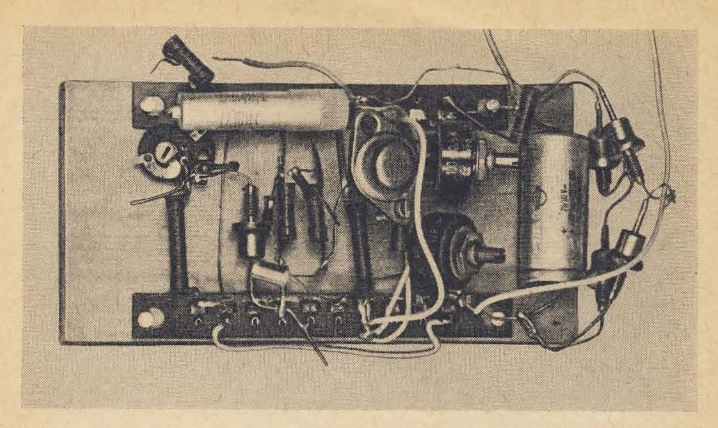


Bild 7 Brettschaltung im ursprünglichen Sinn nach der Erprobung

leisten und Stützpunkte enthält, Durchbrüche für Bedienelemente, Buchsenleisten für das Heranführen der Versorgungsspannungen sowie für Ein- und Ausgang. Auf der Oberseite angebrachte Säulen oder ein Rahmen sorgen dafür, daß bei umgekipptem Chassis keine Röhre beschädigt wird.

Das Experimentieren mit Transistorschaltungen – nicht zu hohe Frequenzen und Gesamtverstärkungen vorausgesetzt – macht aber jedes Blechchassis überflüssig und, gemessen an der geringen Größe der verwendeten Bauelemente, sogar recht unhandlich. Für solche Versuchsschaltungen hat Hartpapier weitgehend „gesiegt", angefangen von der bereits gezeigten einfachsten Variante als *Lötösenstreifen* über die *Loch-* und *Nietösenplatte* bis hin zur *Experimentierleiterplatte* (also bereits im Gebiet der gedruckten Schaltung, wie es in Kapitel 4. näher behandelt wird).

3.1. Experimente ohne Lötkolben

Aus dem Heft 6 dieser Reihe ist die Klemmleistentechnik bekannt:

Man befestigt entweder auf einem Brett mit Holzschrauben oder auf einer beliebigen anderen Platte mit Senkschrauben und Muttern einige Lüsterklemmenleisten in Abständen, die vom größten Bauelement bestimmt werden. Bauelemente- und Zwischenverbindungsdrähte klemmt man dann in die einzelnen Kontakte, die von 2 Seiten zugänglich sind.

Nachteile dieser Methode: Für kleine Bauelemente ist sie weniger geeignet, da die Anschlüsse weit auseinanderliegen. Außerdem brechen sie später an den vom Klemmsitz deformierten Stellen leicht ab. Mehr als 2 Anschlüsse an einer Seite einzufädeln gelingt nur schwer. In solchen Fällen muß man auf mehrere Klemmstellen verteilen. Schließlich ergeben sich oft unzulässig lange Leitungen.

Vorteil: Der Anfänger kann mit sehr wenig Geld und noch ohne Lötkolben experimentieren.

Bild 8 zeigt das Aufbaubeispiel eines einfachen Detektorempfängers, wie es der Verfasser in der Zeitschrift *technikus* beschrieb.

Varianten von Versuchsschaltungen für Unterrichtszwecke mit vorgegebenem Schaltungssortiment, die auch für Selbstbetätigung geeignet sind, seien hier ausgeklammert. Das betrifft z. B. die Baukästen der Fa. Hädrich mit steckbar anzuordnenden Einzelbauelementen, deren Verdrahtung eben-

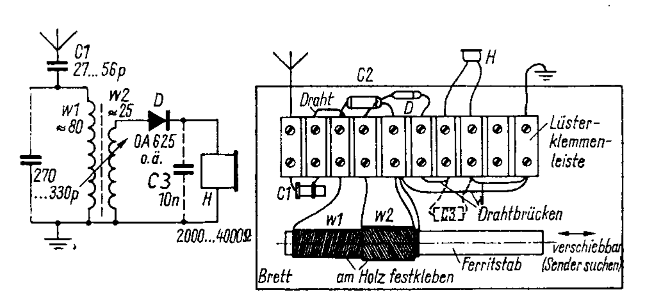


Bild 8 Lötfreier Aufbau eines Detektorempfängers

falls über Schraubverbindungen zu führen ist, und das ausgereifte Experimentiersystem des *transpoly*-Baukastens, das die Anschlüsse der Bauelemente unmittelbar als Steckkontakt benutzt (das allerdings ist auch die „schwache Stelle“ dieser Lösung).

3.2. Lötösenplatten

Während die Brettschaltung nach Bild 7 eine Anzahl Lötösenleisten aufweist, werden bei der Lötösenplatte Träger und Anschlußelemente zu einer Einheit. Dabei ist es aber wirtschaftlicher, sich schon auf die vorgesehene Schaltung zu beschränken und nur die erforderlichen Lötösen einzunieten. Ein solcher Nietvorgang gelingt nicht gleich beim ersten Versuch. Entweder bleibt die Öse lose, oder das Hartpapier bekommt Sprünge. Exaktes Nieten verlangt Übung und Hilfswerkzeuge, die den Rohransatz der Nietöse so weit stauchen, daß sich eine kraftschlüssige Verbindung zwischen ihm und dem Hartpapier ergibt. Eine solche Schaltung (das trifft auch auf die mit Lötösenleisten zu) kann sich recht widerspenstig verhalten, wenn man in eine Lötöse mehrere Drähte einlöten will.

Es empfiehlt sich daher bei der Lötösenplatte, die Zwischenverbindungen unterhalb zu verlegen und durch die Ösen zu stecken. Der Draht soll so dünn sein, daß möglichst noch 3 Drahtenden durch ein Nietloch geführt werden können. Oben legt man sie zur Sicherheit um. Die Lötöse soll zwar auf ihrer gesamten Fläche lötfähig sein, doch sei vor zuviel Zinn gewarnt. Große Zinnanhäufungen bringen beim langsamen Erstarren die Gefahr unsicherer Lötstellen und beanspruchen auch die Bauelemente thermisch stärker.

Das Format solcher Platten kann je nach Schaltungsgröße ganz verschieden sein. Ihr Gebrauchswert steigt, wenn man sie beschriftet. Außerdem empfiehlt sich eine Aufteilung in Koordinaten. Dazu wird die gesamte Platte noch vor dem

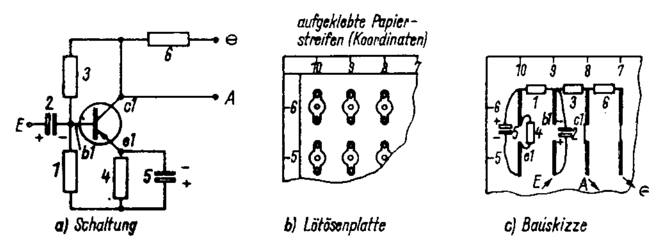


Bild 9 Entwurfsbeispiel für ein Lötösen-„Brett“

Bohren und Einsetzen der Ösen mit einem Liniennetz entsprechender Teilung überzogen (Reißnadel oder Bleistift). Legt man dann Lötösen nur in die Kreuzungspunkte solcher Linien, so ergibt sich eine wesentliche Erleichterung für Entwurf und Wiederauffinden bestimmter Punkte.

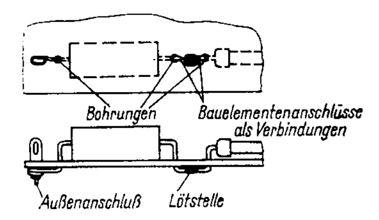
Auch für eine Versuchsschaltung braucht man eine Bauskizze, damit nicht unnötig lange Leitungen und Verkopplungen zustande kommen. Man entwirft sie auf Millimeterpapier, von dem 2 Streifen auch als Koordinatenränder auf die Platte geklebt werden können. Bild 9 zeigt ein Beispiel. Da man auf einer solchen Versuchsschaltung noch Bauelemente auswechseln will, wird man sie nicht bis ins letzte zusammendrängen. Daher genügt beim Entwurf meist die Andeutung der Bauelemente in Form ihrer Symbole mit radierfähigem Farbstift, während die Leitungen mit nicht zu hartem Bleistift aufgezeichnet werden, damit man auch diese Linien bei Bedarf noch ausradieren kann.

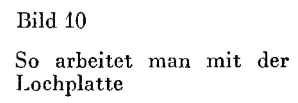
3.3. Lochplatten

Die Lochplatte verzichtet weitgehend auf Nietösen. Die Bauelementeanschlüsse werden – genau wie bei der Leiterplatte – durch Bohrungen in der Hartpapierplatte gesteckt. Im Unterschied zur gedruckten Schaltung schneidet man sie

aber nicht unmittelbar über der Leiterseite ab, sondern benutzt sie zur Verdrahtung (Bild 10). Solche Schaltungen benötigen dann nur noch wenige zusätzliche Drähte. Daß oft mehrere Anschlüsse miteinander zu verbinden sind, wirkt sich bei der Handhabung sehr nachteilig aus. Das Auswechseln eines Bauelements ist also schwieriger als bei nicht zu dicht belegten Lötösenplatten. Durch die verschiedenen Drahtdurchmesser und die manchmal großen Anschlußlängen wird die Schaltung unter Umständen mechanisch recht unstabil. Durch zusätzliche Drahtbügel und ähnliche Befestigungsmaßnahmen muß man diesen Umstand bei größeren Bauelementen berücksichtigen. Im Unterschied zur Lötösenplatte und überleitend zur gedruckten Schaltung enthält die Lochplatte für jeden Bauelementeanschluß eine Bohrung. Zumindest ist das sinnvoll für das Ein- und Ausbauen beim Experiment und auch für die spätere Schaltung selbst. Während bei der Lötösenplatte im allgemeinen noch „wild" verdrahtet wird und dadurch Leitungskreuzungen isolierter Drähte nicht selten sein dürften, erzieht die Lochplatte sozusagen zum „kreuzungsfreien Denken" in der gedruckten Schaltung. Diese Tatsache kann gar nicht hoch genug bewertet werden. Viele Amateurgeräte enthalten sogar in ihrer endgültigen Form solche Lochplatten; und bei richtiger Handhabung stehen Gebrauchswert und Volumen der Leiterplattenausführung nur wenig nach.

Universell, aber in der Herstellung bei größeren Formaten recht aufwendig, wird die Lochplatte, wenn man sie tatsächlich




Bild 10

So arbeitet man mit der Lochplatte

in jedem Rasterpunkt mit einem Loch (übrigens am besten dem Standardloch der gedruckten Schaltung, 1,3 mm Durchmesser) versieht. Damit erweitert sich gleichzeitig ihr Anwendungsbereich. Aus der Platte für spezielle Schaltungen wird eine nicht nur zur einmaligen Bestückung geeignete, sondern eine Experimentierplatte für die günstigste Anordnung der Bauelemente im Hinblick auf spätere Leiter- oder spezielle Lochplatten. Selbstverständlich ist es auch möglich, auf einer solchen Platte vorübergehend eine Schaltung zu Versuchszwecken zusammenzulöten. Mehrfachverwendung empfiehlt sich schon aus Aufwandsgründen. Damit bildet die Universallochplatte das moderne „Brett", denn auch das herkömmliche wird nicht nur ein einziges Mal verwendet.

Kleinere Lochrasterplatten kann man sich schnell selbst bohren, wenn man sich die Arbeit durch eine Bohrschablone aus Blech erleichtert. Besonders Arbeitsgemeinschaften ist dieses Verfahren für oft wiederkehrende Formate zu empfehlen. Im übrigen sehen solche Platten wesentlich besser aus als „frei-Hand"-gebohrte bzw. einzeln durch Millimeterpapier hindurch angekörnte.

Die gerasterte Universallochplatte kann unmittelbar keine Röhrenfassungen aufnehmen. Für diesen Zweck ist die spezielle, nur nach Bedarf gebohrte Platte von Vorteil, die dann lediglich eine Bohrschablone für Miniaturröhrenfassungen benötigt (nämlich solche für gedruckte Schaltungen vorgesehene). Hauptanwendungsgebiet der Universallochplatte dürfte also die mit Halbleiterbauelementen bestückte Schaltung sein. Das trifft noch stärker auf die folgende Art zu.

3.4. Mehrzweckleiterplatte

Soll das Endergebnis der Entwicklungsarbeit in der Technik der gedruckten Schaltung gebaut sein, so ist es sinnvoll, sie in einem möglichst frühen Stadium der Versuche tatsächlich zu benutzen. Das bedeutet „gedruckte Brettschaltung". Mit

den einfachen Methoden nach Kapitel 4. dürfte das auch dem Amateur leicht möglich sein. Allerdings sind dabei 2 Stufen zu unterscheiden: *Einzweck-* und *Mehrzweckleiterplatte.* Die erstgenannte kommt dem Endziel schon recht nahe oder ist mit ihm identisch. Das trifft besonders dann zu, wenn eine bewährte Schaltung aus der Literatur vorliegt, die der Amateur nach seinen Wünschen in ein Gerät überführen möchte. Andererseits gibt es viele Fälle, in denen die endgültige Ausführung noch nicht ganz feststeht, wo man also noch experimentieren möchte, ohne auf die Vorteile der Leiterplattentechnik zu verzichten. Schließlich taucht auch immer wieder die Frage auf, ob nicht eine möglichst universell gestaltete Leiterplatte unterschiedliche Schaltungen aufnehmen könnte. Es hat in dieser Richtung viele Versuche gegeben. Meist stellte sich jedoch bald heraus, daß in dieser Art nur eine sehr begrenzte Zahl von Schaltungen mit in Form, Größe und Anordnung ähnlichen Bauelementen günstig zusammengesetzt werden kann.

Dem Begriff *universell* näher kommt folgender Weg: Man teilt die Foliefläche der Halbzeugplatte in parallele Streifen ein, deren Abstände durch das Rastermaß der gedruckten Schaltung bestimmt werden. Die Leiterstreifen erhalten Lochungen oder entsprechende Körnerpunkte, die man später bei Bedarf bohrt. Die Anwendung der „Streifenleiterplatte“ erfordert mechanische Eingriffe. Zusammengehörige Leiterflächen sind von anderen auf dem gleichen Streifen zu trennen. Die Trennung wird jeweils bei einem Loch vorgenommen, z. B. mit einem flach angeschliffenen Bohrer oder mit dem Messer. Brücken zwischen benachbarten oder weiter abliegenden Leitern lassen sich kaum vermeiden. Diese beiden Tatsachen – die Großflächigkeit infolge der Streifen und Abstände sowie die nur in einer Richtung durchlaufenden Leiter – stellten die Zweckmäßigkeit dieser Lösung für eine Reihe von Anwendungsfällen in Frage. Andererseits kann der Amateur aber auf derartigen Platten sogar endgültige Schaltungen aufbauen. Bild 11 deutet den Entwurf solcher Strukturen an

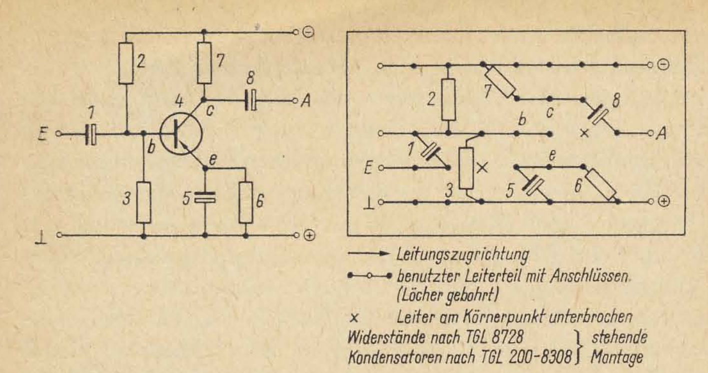


Bild 11 Entwurf einer Verstärkerstufe zum Aufbau auf Streifenleiterplatte

(es ist möglich, die Streifen längs oder auch quer zum Signalfluß zu legen); Bild 12 zeigt ein praktisches Beispiel.

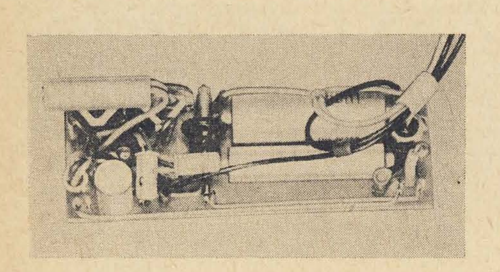
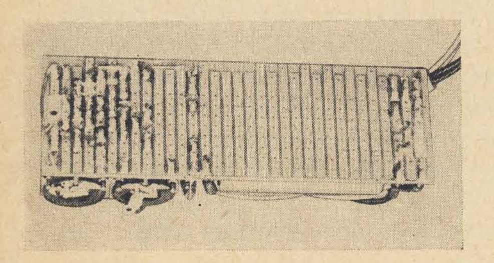


Bild 12

Auf Streifenleiterplatte aufgebauter Dämmerungsschalter

a – Bauelementeseite



b – Leiterseite

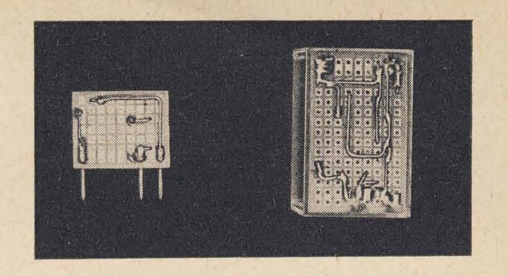


Bild 13

Bausteine auf Universalplatten mit Foliequadraten, wie Lochplatten verdrahtet

Eine weitere Variante dieser zwischen Loch- und Leiterplatte einzuordnenden Aufbaumöglichkeit zeigt Bild 13. Dort trägt jeder Rasterpunkt ein Quadrat aus Kupferfolie und in dessen Zentrum einen geätzten Körnerpunkt zum Bohren der Löcher gemäß Entwurf. Die gezeigte Baugruppe wurde sogar steckbar ausgeführt. Verdrahtet wird wie bei der Lochplatte; die Kupferinseln dienen nur der zusätzlichen Fixierung der Anschlüsse. Beide Arten von Universalplatten lassen sich, besonders in Arbeitsgemeinschaften, rationell mit den Verfahren der gedruckten Schaltung herstellen und auf Vorrat halten.*

3.5. Einzweckleiterplatte

Ein Amateur, der bereits Erfahrungen mit der gedruckten Schaltung gesammelt hat und daher weiß, wie schnell und einfach sogar Leitungsmuster größerer Dichte angefertigt werden können (vgl. Kap. 4.), entwirft bald gern auch für Experimentierzwecke Einzweckleiterplatten. Gelingt nämlich der Versuch, dann ist die Schaltung bereits einbaufertig. Geringe Änderungen lassen sich durch Auftrennen von Leitungen und durch Drahtbrücken vornehmen.

* Inzwischen sind sowohl Lochraster als auch Streifenleiterplatten sowie die in Bild 13 gezeigten Universalplatten als Amateurbedarf in den Handel gelangt (vgl, Teil II der Broschüre).

Abschließend dürfte aber noch ein Hinweis von Nutzen sein: Zwar hat sich herausgestellt, daß Leiterplattenmaterial guter Qualität (das bezieht sich auf die Bindung Folie – Träger) mehrmaligem Löten durchaus widersteht, wenn schnell und mit nicht zu hoher Temperatur gearbeitet wird, doch kann ein Lötauge natürlich nie so robust sein wie eine Lötöse. Kapitel 4. enthält für das Löten von Leiterplatten entsprechende Hinweise. Entscheidend sind – das sei vorweggenommen – 2 Dinge: Einmal darf sich die Masse des Bauelements nie in Richtung von der Folie weg auf die Lötstelle auswirken, zum anderen muß, zumal beim erstmaligen Löten, jede mechanische Beanspruchung des Lötauges vermieden werden, solange dieses warm ist. Der Kleber erweicht nämlich bei höherer Temperatur, so daß die Folie dann gewissermaßen schwimmt. Nach dem Abkühlen haftet sie normalerweise wieder fest, vorausgesetzt, sie wurde beim Löten selbst nicht abgehoben, z. B. von der Lötkolbenspitze.

Für Leiterplatten, die zu experimentellen Zwecken häufig benutzt werden sollen, bietet sich eine Kombination von Lötauge und Nietöse, wie sie Bild 14 zeigt. Das kann gleichzeitig als eine der Möglichkeiten aufgefaßt werden, bei 2seitig kaschierten Leiterplatten Zwischenverbindungen herzustellen. Da der festsitzende Hohlniet mechanische Beanspruchungen von der Lötstelle fernhält, ergibt sich eine dauerhafte Experimentierplatte, die allerdings je nach den verfügbaren Ösen größere Löcher und umfangreichere Flächen, als sonst üblich, benötigt. Auch für Verbindungen nach außen haben sich diese Nietösen bewährt.

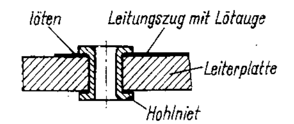


Bild 14

Nietöse als robuste Lötstelle für häufiges Löten in Leiterplatten

4. Die gedruckte Schaltung

Seit es zuverlässige lichtempfindliche Lacke gibt, ist die gedruckte Schaltung selbst in Form des fotomechanischen Verfahrens für den Amateur durchaus einsetzbar. Zuvor werden jedoch die einfacheren Möglichkeiten für das jeweils einmalige Herstellen einer Leiterplatte geschildert. Am Beginn jedoch steht der Entwurf des Leitungsmusters. Das Kapitel verzichtet auf viele Einzelheiten, die nicht unbedingt wichtig für den Anfänger sind, vermittelt ihm aber soviel Wissen, wie er zur Anfertigung von Leiterplatten braucht. Standards u. ä. zu diesem Thema findet er z. B. im Amateurhandbuch *electronicum*.

4.1. Entwurf gedruckter Schaltungen

Die folgenden Regeln gelten selbstverständlich auch für den Fall, daß bereits die Versuchsschaltung als Leiterplatte ausgeführt wurde. Von der Schaltung liegt also – aus der Literatur oder entsprechend eigener Versuche – ein Schaltbild (Stromlaufplan) vor; außerdem empfiehlt sich eine Stückliste der Bauelemente. Da diese Bauelemente weitgehend die spätere Anordnung bestimmen (meist gibt es ja mehrere Möglichkeiten), sollte man sie sich bereits zu diesem Zeitpunkt vollständig beschaffen.

Bestimmen die Bauelemente die notwendige Fläche der Leiterplatte (wobei man auch nicht vergessen sollte, die Höhe sinnvoll auszunutzen), so gibt das künftige Gerät durch seine äußere Form und die außerhalb der Leiterplatte liegenden

Teile vor, welche Kantenmaße die Leiterplatte höchstens haben darf. Auf ihr muß außerdem noch berücksichtigt werden, wo solche Bauelemente liegen müssen, die aus dem Gerät herausragen (z. B. Potentiometerachsen). Sie können daher auch mitbestimmend dafür sein, ob man die Leiterplatte flachlegen oder auf eine Kante stellen muß bzw. ob man die Schaltung sogar auf mehrere Leiterplatten zu verteilen hat.

Von den für Leiterplatten gültigen Standards, wie sie z. B. im *electronicum* genannt werden, sollte man wenigstens Rastermaß und Standardloch berücksichtigen, sofern es die Bauelemente erfordern. Für Normalbauweise sollen möglichst nur 1,3-mm-Löcher verwendet werden, die man in den Kreuzungspunkten eines gedachten Liniennetzes von 2,5 mm Maschenweite unterzubringen hat. Kleinbautechnik läßt aber auch kleinere Löcher zu (der Amateur wählt 1 mm) und ein feineres Raster (0,5-mm-Sprünge); der Amateur benutze höchstens 1-mm-Sprünge, da man dann Millimeterpapier gut verwenden kann.

Gegenüber einer Verdrahtung in einem Chassis besteht der wesentlichste Unterschied der Leiterplatte in der von der 2dimensionalen Anordnung bedingten Forderung nach kreuzungsfreiem Verlegen der Verbindungsleitungen zwischen den Lötaugen, durch deren Zentralloch der Bauelementeanschluß zu führen ist. Daß sich das ohne allzu große Schwierigkeiten erreichen läßt, lernt man schon beim Entwurf entsprechender Versuchsschaltungen auf Loch- oder Lötösenplatte. Bild 15 beweist das.

Wesentlich mehr Gedankenaufwand ist dagegen notwendig, die auch elektrisch optimale Anordnung der Bauelemente auf der vorgegebenen Fläche zu erreichen. Dabei gilt dieser Grund-

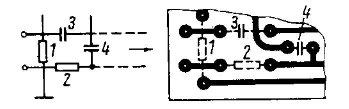


Bild 15

Kreuzungsfreie Leitungsführung bei einseitiger Folienauflage

satz: Eine Leiterplatte sollte man nur für solche Schaltungen wählen, deren grundsätzliche „Tücken“ man schon etwas kennt, mit denen man also bereits Erfahrungen gesammelt hat. Nur dann läßt sich abschätzen, wie eng man Bauelemente anordnen kann, zwischen denen Verkopplungen erlaubt sind, oder wie man z. B. eine Masseleitung zu führen hat, damit sich über sie Stufen nicht gegenseitig erregen oder zumindest nicht beeinflussen können. Für den Anfang sollte man daher unkomplizierte Schaltungen umsetzen, die weder zu hohe Verstärkungen erreichen noch z. B. im Kurz- oder gar Ultrakurzwellenbereich arbeiten. Immer gilt jedenfalls:

Aufbau nach Signalweg gestalten;

kritische Leitungen kurzhalten (zu Schirmzwecken kann man um sie Folie stehen lassen, die auf Massepotential gelegt wird);

möglichst großen Abstand von Ein- und Ausgang wählen usw.

Andererseits sind Eigenheiten der Leiterplatte zu beachten, wie sie in dem nicht zu vernachlässigenden Widerstand der dünnen Folieleiter bestehen oder in den zwischen den Leitungen auftretenden Kapazitäten (Bild 16).

Nach diesem Abstecher auf die elektrische Seite zurück zu den Vorbereitungsarbeiten für das Leitungsmuster! Sehr günstig für den körperlichen Entwurf ist eine Lochrasterplatte nach Kapitel 3., in die man (Normalraster vorausgesetzt) die Bauelemente zunächst einsteckt und so lange umsetzt, bis die den geforderten Kantenabmessungen entsprechende Anordnung gefunden ist. Andernfalls (denn eine solche Platte herzustellen ist recht zeitraubend) legt man die Bauelemente wenigstens auf ein passend eingegrenztes Blatt Millimeterpapier.

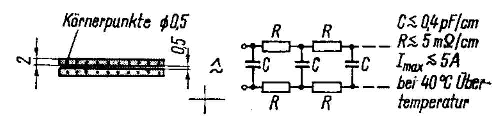


Bild 16 Kapazität und Widerstand von Folieleitern

Wie müssen die Bauelemente grundsätzlich aussehen? Ihre Form und Größe bestimmen zwar das Volumen, entscheidend aber ist, daß die Anschlüsse in die 1,3-mm- oder möglichst 1-mm-Löcher passen bzw. leicht so „frisiert“ werden können. Größere Bauelemente kann man notfalls auch liegend auf der Platte mit Drahtbügeln festlegen, für die allerdings isolierte Lötpunkte im Leitungsmuster vorzusehen sind. Die Anschlüsse selbst werden mit Schaltdraht verlängert.

Entworfen wird am besten im Maßstab 1 : 1, da man dann bei den Bauelementegrößen nicht immer umdenken muß. Als Grundlage dient radierfestes Millimeterpapier mit nicht zu kräftigem Rasteraufdruck; für die weiteren Stufen hat sich gutes Transparentpapier bewährt. Zunächst zeichnet man die Umrisse der Leiterplatte, vorgegebene Punkte und Flächen, die frei bleiben müssen (z. B. deshalb, weil dort im Gerät Teile auf die Leiterplatte „Schatten“ werfen, unter denen man keine Bauelemente anordnen kann).

Die Dichte des Leitungsmusters hängt außer von Größe und Menge der Bauelemente auch von der notwendigen Mindestgröße der Lötaugen ab. Normalerweise rechnet man mit 3 mm Durchmesser, doch kann der Amateur bei gebohrten 1-mm-Löchern bis zu 2 mm heruntergehen, wenn er vorsichtig lötet. Die Abstände zwischen den Leitern müssen um so größer sein, je höher die anliegende Spannung ist. Der Anfänger sollte auf Leiterplatten nur mit Kleinspannungen arbeiten (d. h. mit weniger als 42 V). Er darf dann die Abstände so weit verringern, wie er das mit seinem Verfahren überhaupt noch schafft, was auch für die minimale Leiterbreite gilt. Während nach unten hin bei den Abständen dann nur noch die Verschmutzungs- und damit Leitfähigkeitsgefahr besteht, müssen sich die Leiterbreiten bei größeren Strömen (Bild 16) nach diesen richten. Untere noch realisierbare Grenzwerte: Leiterbreite 0,8 mm, Abstände 0,5 mm. Das stellt aber schon ziemlich hohe Anforderungen an die brückenfreie Löt„kunst“. Damit sind bei Kleinspannungen auf derselben Rasterlinie im einfachen Rastersprung 2 Anschlüsse gleichen Potentials unter-

zubringen, während die Rasterdiagonale als kleinster Abstand von Lötaugen gelten kann, die zu verschiedenen Leitungszügen gehören. Ein Leitungszug paßt günstigenfalls zwischen 2 Punkten hindurch, die 1 Rasterlinie in der einen und 2 in der anderen Richtung auseinanderliegen. Bild 17 faßt diese Regeln zusammen.

Mit diesen Vorkenntnissen ausgerüstet, begibt man sich nun an den eigentlichen Entwurf. Man kann zunächst weiter mit dem ersten Millimeterpapierblatt arbeiten, doch ist es günstiger, schon jetzt ein Stück Transparentpapier darüberzuklammern. Man sieht auf diese Weise die vorgegebenen Linien und kann mit der Skizzierung der Bauelemente in ihrer körperlich bereits abgeschätzten Anordnung beginnen. Aus dieser hat man schon ersehen, wie eng man werden muß. Die Bauelemente deutet man am besten nur stilisiert an (Hauptmaße und Lage der Anschlüsse in Form von Punkten); auch die geplanten Leiterzüge zeichnet man zunächst nur als dünne Linien. Auf diesem Blatt muß man sicher einige Male radieren, vielleicht sogar mit Auszügen auf weiteren Blättern arbeiten (wenn es sich um größere Schaltungen handelt), bevor das Muster alle Bauelemente und Verbindungen enthält. Erst jetzt wird ein zweites Transparentpapier aufgelegt.

Bisher wurde die Leiterplatte von der Bauelementeseite aus betrachtet. Man zeichnet daher zunächst nur die Bauelementeumrisse und ihre Anschlußpunkte auf das neue Blatt, ebenso die Plattenkonturen. Für diese Seite kann man zur besseren Unterscheidung einen Farbstift wählen, der sich aber radieren lassen muß. Alle Bauelemente werden nach

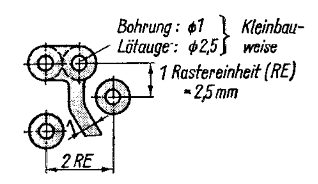


Bild 17

Abstände von Anschlüssen im Grundraster der gedruckten Schaltung

Stromlaufplan bezeichnet, so daß diese Skizze bereits den späteren Bestückungsplan darstellt. Anschließend löst man Entwurfs- und Kopieblatt vom untergelegten Millimeterpapier und dreht beide Transparentblätter einzeln um. Dadurch sieht man jetzt Entwurfsblatt (unten liegend) und Kopie von der späteren Leiterseite aus. Es kann zur besseren Erkennbarkeit durch die beiden Bögen hindurch notwendig sein, vorher auf der Rückseite des Entwurfsblatts die Leiter-„skelett"-Linien nochmals nachzuziehen. Auf dem Kopieblatt zeichnet man nun die Leiterzüge in der Gestalt, die sie anschließend haben sollen, wobei mit den Lötaugen zu beginnen ist. Sie legen nämlich fest, welcher Platz für die Leitungen selbst überhaupt noch übrigbleibt.

Das Leitungsmuster läßt sich grundsätzlich in 3 verschiedenen Erscheinungsformen auslegen, wie Bild 18 zeigt. Aus den vorhergehenden elektrischen Betrachtungen bezüglich Widerstands und Kapazität ist für jeden Anwendungsfall das Geeignetste zu erkennen. Außerdem spielt der Zeichenaufwand eine Rolle, je nachdem, ob man die Deckschicht direkt auftragen muß oder über das fotomechanische Verfahren gehen kann. Schließlich haben die 3 Muster unterschiedlichen Verbrauch an Ätzmitteln zur Folge.

Ob auf diesem Entwurf Leiterzüge oder Abstände mit Bleistift leicht getönt werden, ist nicht nur Geschmacksache, sondern sollte sich ebenfalls nach der späteren Übertragungsmethode richten. Für direkte Übertragung mit gezeichneter Decklackschicht tönt man die Leiterzüge, als Ausgangspunkt für das fotomechanische Verfahren sind die Zwischenräume schwarz auszufüllen.

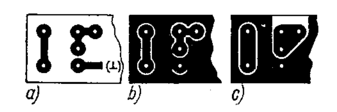


Bild 18

3 Möglichkeiten für die Gestaltung eines Leitungsmusters

4.2. Vom Entwurf zur Leiterplatte

Ein Stück kupferkaschierten Schichtpreßstoffs (im allgemeinen 1,5 mm dickes Hartpapier mit aufgeklebter Elektrolytkupferfolie von 35 μm Dicke) ist Ausgangspunkt der späteren Leiterplatte. Je nach Verfahren und dessen Handhabung wählt man es allseitig einige Millimeter größer als die endgültige Platte (wenn diese beim Ätzen eingespannt wird, wenn der verwendete Lack am Rand nicht ausreichend deckt oder wenn man höhere Klimaansprüche hat) bzw. gleich in der richtigen Größe. Unabhängig von der Art der Weiterverarbeitung sollte man nun die Kupferoberfläche vorsichtig, aber gründlich von Fett- und Oxidspuren reinigen (ATA fein mit Salmiak; Wasser, Lappen, danach mit sauberem Tuch trocknen und nicht mehr auf die Oberfläche fassen).

Das geplante Leitungsmuster kann man nun mit Hilfe von Blaupapier auf die Folie pausen. Sauberer ist es aber, wenn man zunächst nur die Bohrungen markiert. Die Platte muß dazu von hinten gegen das Leitungsmusterblatt geklebt werden (Klebeband). Vorsichtiges Ankörnen und Bohren schließen sich an. Die weitere Verarbeitung richtet sich nach der Art, wie man die einzelnen Leiterzüge herstellt.

Ritztechnik
Dieses primitive Verfahren eignet sich nur für einfache, nicht zu dichte Muster und verlangt möglichst nur gerade Leiterzüge. Man braucht dazu zwar nur ein Lineal und ein scharfes Messer, dafür aber eine ganze Menge Geschick, sonst zerstückelt man schnell manchen quer zur jeweiligen Schnittrichtung liegenden anderen Leiter. Jede Trennlinie erfordert 2 parallele Schnitte; die Folie wird dann abgeschält.

Zeichnen einer ätzfesten Deckschicht
Der Aufwand ist ebenfalls gering: Ein Federhalter nimmt je nach Wahl eine Zeichen- oder eine Röhrchenfeder auf. Ein Lineal, vielleicht auch eine Schablone für Lötaugen, ist zweck-

mäßig. Durch untergeklebte Abstandsstreifen von höchstens 0,5 mm Dicke verhindert man ein Verlaufen des Decklacks. Ätzfest sind u. a. Nitrolack, Nagellack, verdünnter Alleskleber, Kolophonium-Spiritus-Lösung sowie jeder Kopierlack (nicht sensibilisieren). Anfärben farbloser Lacke erleichtert das Arbeiten. Für die Sorten Potsdamer Kopierlack, Klöco- und Röcolack eignet sich Kopierstiftmine, zunächst in Spiritus gelöst und dann dem Lack zugesetzt. Es hat keinen Sinn, einen bestimmten Decklack vorzuschreiben, man sollte den eigenen Möglichkeiten entsprechend entscheiden.

Die Größe der Zeichenfeder richtet sich nach der gewählten Strichdicke; größere Flächen füllt man mit einem Pinsel aus. Zuerst werden die Lötaugen gezeichnet; dafür eignet sich eine Röhrchenfeder für etwa 1 mm Strichdicke recht gut. Man benutzt zweckmäßig eine Schablone aus einem Stück eines durchsichtigen Zeichenlineals, das die genannten Abstandsstreifen trägt und eine dem Lötaugendurchmesser entsprechende Bohrung. Diese muß von unten tief angesenkt werden, damit auch an ihren Rändern der Lack nicht verlaufen kann. Bild 19 zeigt das Arbeiten mit der Schablone. Komplizierte Muster kann man auch zunächst mit einem Faserschreiber vorzeichnen (Skelett des Musters genügt); dann sind später Fehler beim Verbinden der Lötaugen weit weniger wahrscheinlich.

Nach dem Zeichnen des Musters sind die Zeichengeräte in dem für den jeweiligen Lack geeigneten Lösungsmittel gut auszuwaschen, in der o. g. Lackreihenfolge also mit Verdünnung, Azeton (bzw. Nagellackentferner), Lösungsmittel des verwendeten Alleskiebers (z. B. wieder Azeton) oder Spiritus (auch für die genannten Kopierlacke).

Röhrchenfeder
Piakryl o.ä.
Cu-Seite
kupferkaschierter Schichtpreßstoff

Bild 19

Schablone für Röhrchenfeder: Zeichnen von Lötaugen

Meist ist der Lack schon nach wenigen Minuten so weit getrocknet, daß geätzt werden kann.

Fotomechanisches Verfahren

Sobald eine Leiterplatte ein zweites Mal gebraucht wird, also besonders dann, wenn man seine Geräte mit „standardisierten“ Baugruppen auszurüsten versucht, ist ein möglichst einfaches Reproduktionsverfahren erwünscht. Man findet es in der Verwendung lichtempfindlicher Lacke. Allerdings ist für sie der Verarbeitungsaufwand sehr unterschiedlich. Zwei Sorten eignen sich für den Amateur recht gut: Röco-Kopierlack und ORWO-Fotolack. Der letztgenannte ist relativ teuer, aber auch sparsam in der Anwendung. Man sollte, hat man sich für ihn entschieden, nur eine kleine Menge (sofern im Handel erhältlich) lagern. Der in Literflaschen gehandelte Röco-Lack (Fa. Dr. Röhler & Co, Leipzig) kostet etwa 12,— M; dazu gibt es 50 cm^3 Sensibilisierung, die man der jeweils gebrauchten Menge im Verhältnis 5 : 100 zusetzt. Dieser Ansatz sollte noch an demselben Tag verbraucht werden; Aufbewahrung in dunkler Flasche an einem lichtgeschützten Ort. Dieser Lack wird besonders und vor den in der Industrie ebenfalls in großen Mengen verwendeten Sorten (s. vorigen Abschnitt) genannt, weil er mit dem geringsten Aufwand brauchbare Ergebnisse liefert (z. B. gelingt das Verteilen des Lackes auf der Platte genügend gleichmäßig auch ohne Horizontalschleuder).

Für das fotomechanische Verfahren zeichnet man sich eine durchsichtige Schablone, also am besten auf einer glasklaren Folie, die Tusche nicht abweist (Triazetatfolie aus der HO Künstlerbedarf oder abgewaschener Film). Transparentpapier ist nur bedingt geeignet, da es bei den im Haushalt zur Verfügung stehenden Lichtquellen sehr lange Belichtungszeiten erfordert. Die Tusche muß alle Flächen bedecken, die später herausgeätzt werden sollen; die Leiter bleiben also durchsichtig. Jeder Tuschefleck bedeutet später eine Isolierpartie. Daher ist für dieses direkte Zeichenverfahren ein Trennlinien-

muster am günstigsten. Die Körnerpunkte lassen sich einfach durch Tuschepunkte von etwa 0,5 mm Durchmesser erzeugen.

Wer sich Dokumentenfilm des benötigten Plattenformats beschaffen kann und Fotoarbeiten schon ausgeführt hat, kann aber auch auf der Folie zunächst alle Partien schwarz zeichnen, die Leiter werden sollen, und kopiert dann auf den Film um. Arbeitsgemeinschaften kommen so in die Lage, für kleine Serien mehrere Kopierschablonen gleichzeitig verwenden zu können, so daß in einem Arbeitsgang gleich einige Leiterplatten entstehen. Beim Herstellen das Fotofilms darf allerdings kein Grauschleier bleiben, und die schwarzen Partien müssen lichtundurchlässig sein – genau wie beim gezeichneten „Negativ". Die Halbzeugplatte soll zunächst allseitig einige Millimeter über das Muster hinausragen; man bringt also in der Zeichnung Begrenzungsmarken an. Am Plattenrand bildet nämlich der Lack oft einen Wulst, oder er haftet nicht einwandfrei.

Wieder muß die Platte einwandfrei sauber sein, also ohne oxydierte Stellen oder Fettspuren. Der in einem kleinen Meßzylinder (aus dem Fotogeschäft) angesetzte Lack (im Fall von „Röco" u. ä. etwa 0,5 cm^3 Chromierung, dann auf 10 cm^3 auffüllen; ORWO-Lack verwendet man direkt), wird, und zwar vorsichtig, auf die Plattenmitte gegossen. Es soll nur soviel sein, wie für das Bedecken der Folie notwendig ist. Der überschüssige Rest kommt wieder in den Meßzylinder. Durch Neigen der Platte in verschiedene Richtungen erreicht man, daß überall eine gleichmäßige Schicht entsteht; auch jetzt kann sich noch etwas überschüssiger Lack an einem der Ränder sammeln. Der eben beschriebene Arbeitsgang soll nach einer Minute abgeschlossen sein, damit der Lack in dieser Zeit nicht schon partiell antrocknen kann. In diesem Fall entstehen Grenzlinien, die später nicht einwandfrei decken. Die Platte wird nun in waagrechter Lage zum Trocknen abgelegt. Dies und die vorhergehenden Arbeiten müssen an einem dämmrigen Ort, keinesfalls also unter der Einwirkung von hellem Tageslicht durchgeführt werden. Das

Trocknen kann durch einen kleinen Tischventilator beschleunigt werden, der aber keinen Staub aufwirbeln darf. Staubpartikel in der Schicht wirken als Fehlstellen.

Auf diese Weise ist der Lack schon nach wenigen Minuten so weit trocken, daß man ihn verwenden kann. Die Oberfläche fühlt sich samtartig an; d. h., die Schicht enthält noch Spuren von Feuchtigkeit. Das ist der richtige Zustand für die Belichtung.

Schablone und Platte müssen jetzt *bündig* übereinandergelegt werden. Liegt die Schablone nicht richtig an, so unterstrahlt das Licht die eigentlich abgedeckten Flächen, und es gehen Teile der Isolierpartien verloren, bzw. man erhält überhaupt kein Muster mehr, sondern nur noch ätzfesten Überzug auch dort, wo er nicht sein soll. Glasplatten sind geeignete Hilfsmittel zum festen Anpressen beider Teile. Allerdings muß auch die Halbzeugplatte plan sein; Wölbungen sind daher vor dem Beschichten geradezubiegen. Kleine Muster kann man mit Diagläsern abdecken und mit Wäscheklammern zusammenhalten (Bild 20). Größere Formate erfordern dickeres Glas, das evtl. noch seitlich beschwert wird. (Die Industrie benutzt Vakuumkopierrahmen, bei denen eine Gummiplatte infolge Unterdrucks Halbzeug und Schablone von unten gegen eine Glasplatte drückt.)

Glas und Film absorbieren einen großen Teil der kurzwelligen Lichtstrahlung, auf die der Lack reagiert. Die Belichtungszeit hängt also von Einrichtung und Quelle ab. Es können daher nur Richtwerte gegeben werden. Mit Mittagssonne an einem wolkenlosen Sommertag schafft man es schon in etwa 2 Minuten, während eine Leuchtstoffröhre je nach Leistung,

Bild 20

Einfache Kopiereinrichtung für kleine Formate: Diagläser

Entfernung und Farbton über eine Stunde erfordern kann. Nitraphotlampen, wie man sie für Atelieraufnahmen benutzt, sind zwar auch geeignet, verlangen aber Maßnahmen gegen die Wärmeeinwirkung auf der Platte. Gerade die schwarzen Partien, die nicht vom Licht getroffen werden, nehmen schnell eine höhere Temperatur an, was den Lack genauso aushärtet wie das Licht. Größere Entfernung (dadurch aber längere Zeiten), Belichten in mehreren Etappen und Ventilatorkühlung ergeben geeignete Gegenmaßnahmen. Im Hinblick auf die Belichtungszeiten günstige Lichtquellen sind: die Kohlenbogenlampe (die man sich kaum zulegen kann) und Quecksilberlampen (z. B. aus der Straßenbeleuchtung).

Es wird kaum ohne einige Versuche gelingen, das für die eigenen Verhältnisse günstigste Verfahren zu finden, seine Daten festzulegen und abzuschätzen, wie weit man variieren kann, doch lohnt es die Mühe.

Die belichtete Platte kommt nun in einen Behälter mit Brennspiritus, dem etwas Kopierstiftmine zugesetzt sein kann. Man stellt die Platte am besten hochkant. Nach etwa 3 min hebt man sie vorsichtig heraus und bläst sie leicht an. Schimmert jetzt an den vorher abgedeckten Partien bereits das blanke Kupfer durch, so ist der Prozeß beendet, andernfalls muß man die Platte nochmals in den Spiritus legen. Zu lange Zeit bedeutet aufquellende, schlecht deckende Schicht. Nach vorsichtigem Abspülen in Wasser wird getrocknet; dabei kann die Temperatur bis 45 °C hoch sein. Das Muster ist nun ätzfest.

Beim Autor hat sich folgende „Mini"-Technologie für kleine Plattenformate gut bewährt:

Als Film dient unbelichteter, im Fixierbad abgewaschener 6×9-Rollfilm, der anschließend in Fit-Lösung gebadet und zum Trocknen aufgehängt wird. Seine Breite begrenzt das maximal mögliche Plattenformat.

Gezeichnet wird mit Tusche auf der Seite, die der vorherigen Schichtseite abgewendet ist. Dort haftet die Tusche besser

während sie auf der Schichtseite leicht brüchig wird und dadurch haarfeine Kupferbrücken entstehen können.

Die gesäuberte und getrocknete Halbzeugplatte erhält einen Lackaufguß, dessen überschüssiger Teil in die Flasche zurückgegeben wird. Die Platte stellt man etwa 45° schräg geneigt (Winkel zwischen Isolierseite und Tisch) auf eine saugfähige Unterlage (Fließpapier o. ä.). Sie ist nach einigen Minuten genügend trocken (ein Tischventilator beschleunigt). Der Film wird nun auf die Platte gelegt, darauf kommt eine Glasplatte, und zwar mit Kunststoffwäscheklammer befestigt. Wenn keine Sonne scheint, belichtet man im Abstand von etwa 10 cm mit einer 20-W-Leuchtstoffröhre (verwendeter Typ Warmton; noch günstiger dürfte eine Tageslichtröhre sein). Schon nach 30 min ergibt sich ein ausgehärtetes Leitungsmusterbild. Die „Entwicklung" geschieht, wie angegeben.

Für diese Technologie hat sich Röco-Lack gut bewährt. Es ist notwendig, die Platte auf Fehlerstellen zu untersuchen, die als fehlende Deckschicht, aber auch als Brücken über Abständen in Erscheinung treten können. Sie werden daher mit etwas Kopierlack oder mit einem der unter *Zeichnen der ätzfesten Deckschicht* genannten Lacke abgedeckt bzw. (wenn es sich um Brücken handelt) mit einem passenden Gegenstand, notfalls mit dem Messer, herausgekratzt.

Ätzen

Für diesen Arbeitsgang stehen dem Amateur 2 Chemikalien zur Verfügung: Eisen-III-Chlorid und Ammoniumpersulfat. Das erstgenannte birgt einige Gefahren in sich, angefangen von der Wärmeentwicklung beim Auflösen über die intensive Gelbfärbung von Haut- und Kleidungsstücken bis zur Lähmung der Geschmacksorgane (vorübergehend) beim Einatmen (besonders des Pulvers). Dafür kann man mit ihm sehr schnell ätzen; in bewegten Bädern oder mit Wattebausch je nach Muster in 10 bis 20 min, im ruhenden Bad bei 1- bis 2maligem Abspülen unter Wasser bis zu 45 min. Man soll eine Dichte von etwa 1,42 einhalten und eine Höchsttemperatur von 45 °C

(Wärme beschleunigt). Da die genaue Dichte für den Amateur nicht so kritisch ist, kann man sich die Lösung z. B. aus 2 bis 3 Eßlöffeln voll Eisen-III-Chlorid in etwa 100 cm³ Wasser ansetzen, wozu ein wärmefestes Gefäß erforderlich ist (selbstverständlich sind Löffel und Gefäß danach nicht mehr für andere Zwecke zu verwenden).

Ungefährlicher arbeitet es sich mit Ammoniumpersulfat, das z. B. im handelsüblichen Ätzsatz des Versandgeschäfts Halberstadt enthalten ist. Ein gehäufter Eßlöffel auf 100 cm³ Wasser, erwärmt auf etwa 40 bis 45 °C, ergibt Ätzzeiten zwischen 45 min und 2 h. Die Platte bleibt die ganze Zeit im Ätzbad; man stellt sie am besten auf eine Kante. Diese Arbeit ist sehr sauber, das weiße Pulver ergibt zunächst eine klare Lösung, später färbt sie sich in dem Maße blau, wie Kupfer in Lösung geht.

Nach dem Ätzen muß die Deckschicht entfernt werden, was man am besten wieder mit ATA fein mit Salmiak durchführt. Danach muß gespült und schnell mit einem Tuch getrocknet werden, damit die Folie lötfähig bleibt und nicht schon wieder oxydieren kann. Als Schutzüberzug für nicht zu lange Lagerzeit ist filtrierte Spiritus-Kolophonium-Lösung geeignet, man kann die Platte aber auch mit Haarlack-Spray schützen. Dieser Überzug behindert das spätere Löten nicht; Flußmittel muß man beim Löten ohnehin benutzen.

Die fertige Platte sollte nochmals auf Fehlerstellen untersucht werden. Dazu durchleuchtet man sie z. B. mit einer Tischlampe. Dadurch lassen sich sowohl Brücken als auch Unterbrechungen erkennen. Die erstgenannten kratzt man wieder heraus, während Fehlerstellen mit etwas Lötzinn überbrückt werden können.

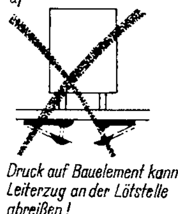
4.3. Von der Leiterplatte zur gedruckten Schaltung

Definitionsgemäß wird erst die Kombination von Leiterplatte und Bauelementen *gedruckte Schaltung* genannt. Je

nach Verfahren trägt nun die geätzte Platte bereits die Bohrungen und hat die endgültigen Konturen, oder man muß sie jetzt in diesen Zustand überführen. Beim Bestücken mit den Bauelementen empfiehlt es sich, jedes einzeln einzusetzen. Dabei ist auf festen Sitz zu achten – die Anschlüsse sollen das Bauelement zwar mechanisch gegen Herausrutschen sichern (neben ihrer elektrischen Funktion), sie dürfen aber die Lötstelle nicht mit Kräften belasten, die von der Leiterseite wegweisen. Die geklebte Folie widersteht diesen Belastungen nicht und reißt ab. Daher Bild 21 beachten! Man schneidet die Anschlüsse kurz über der Folie ab; Umbiegen empfiehlt sich nicht, da es spätere Reparaturen erschwert.

Die Reihenfolge der Bestückung richtet sich nach der erforderlichen Zugänglichkeit der Bauelemente. Am besten beginnt man mit den zuunterst liegenden Teilen, z. B. den Steckötösen (wenn vorhanden). Andererseits sind auch die Teile zu bevorzugen, die eine bestimmte Stellfläche infolge ihrer starren Anschlüsse erfordern (z. B. Bauelemente mit Armatur). Widerstände und Kondensatoren mit Drahtanschluß können dann unter Berücksichtigung der eben genannten Teile in gewissem Sinn freizügig eingesetzt werden. Zuletzt kommen die Transistoren an die Reihe, deren Anschlußdrähte man im allgemeinen auch möglichst lang läßt.

Löten muß man schnell, gut und daher mit geeignetem Lötkolben. Entscheidend ist dabei die Ausbildung der Spitze. Für sie gibt es zwar eine ganze Reihe von Spezialformen, sie bedarf aber ständiger Pflege zur Erhaltung ihrer Form. Am



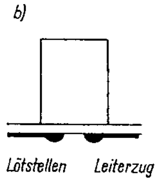


Bild 21

Falsche und richtige Bauelementemontage auf der Leiterplatte

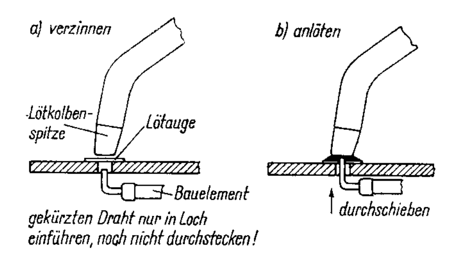


Bild 22

So lötet man mit normalem Kolben auf der Leiterplatte; a – Lötauge verzinnen, b – Anschluß durchschieben und anlöten

unkompliziertesten ist noch immer die schmale Schneidenspitze nach Bild 22, mit der man Bauelemente am günstigsten in der gezeigten Art einlötet. Der vorher in Flußmittel (Kolophonium-Spiritus-Lösung oder Flußmittel WFF, Nr. 23, der Fa. Otto, Magdeburg, o. ä.) nochmals frisch verzinnte Anschluß wird zunächst nur in das Loch gesteckt, aber noch nicht über die Folie hinausgeschoben. Nun setzt man den ebenfalls frischverzinnten Lötkolben auf das Lötauge (auch dieses erhielt einen Tropfen Flußmittel), verzinnt es und schiebt, noch während das Zinn flüssig ist, den Anschluß hoch. Diesen hat man natürlich vorher bereits auf die genannte Länge gekürzt. Der Lötkolben vollendet nun mühelos die Lötstelle. Verzinnen, Durchschieben und Fertiglöten können in weniger als 2 s geschehen. Zuviel Zinn am Kolben ergibt in engen Mustern oft Zinnbrücken, die mit Flußmittel, Nachlöten und dabei nach unten geneigter Folieseite jedoch leicht wieder entfernt werden können. Die fertig bestückte Platte kann leiterseitig mit etwas Spiritus abgewaschen und mit neuem Schutzüberzug (s. o.) versehen werden. Sie ist jetzt fertig zum Prüfen. Dazu schließt man alle erforderlichen äußeren Bauelemente an, die Spannungsquelle aber zunächst über einen Strommesser (wobei man von einer kleinen Spannung ausgehen sollte). Auf diese Weise lassen sich Fehler erkennen, bevor durch zu hohen Strom ein Bauelement zerstört werden kann.

5. Bearbeitungsfragen

Jeder Schaltungsaufbau, auch die gedruckte Schaltung, wird erst in Verbindung mit einem Träger und einem Gehäuse sowie mit weiteren Teilen zum Gerät. Auf dem Weg dorthin sind einige handwerkliche Arbeitsgänge erforderlich, die sich aber durch moderne Materialien wesentlich vereinfachen lassen. Hinweise zu ihrer Bearbeitung enthält das folgende Kapitel.

Vorausgesetzt werden polytechnische Grundkenntnisse. Bezüglich der Bearbeitung von Blech sei auf die Broschüren „Praktisches Radiobasteln I und II“ von K.-H. Schubert verwiesen (Neuauflage 1969).

Zwischen dem Augenblick, da eine im Versuchsaufbau erprobte Schaltung vorliegt, und dem fertigen Gerät gibt es einige Arbeitsstufen, für die die in diesem Kapitel beschriebenen Fertigkeiten notwendig sind. Es geht dabei um *Sägen*, *Bohren*, *Formen*, *Schrauben*, *Nieten*, *Kleben* u. ä. Als Werkstoffe der modernen Gerätetechnik haben sich Plaste und Stoffkombinationen immer mehr durchgesetzt. Gegenüber Blech sind sie meist leichter zu bearbeiten, was den Amateurmitteln sehr entgegenkommt. Blech gelangt daher oft nur noch in Form von Fertigteilen (Gehäuse, Trägerteile mechanischer Baukastensysteme) zur Anwendung.

Die im Unterricht erworbenen polytechnischen Kenntnisse auszunutzen, gelingt zu Hause meist nur unvollkommen, da die Voraussetzungen begrenzt sind. Um so mehr ist das Vorhandensein von Werkstoffen zu begrüßen, die ein Minimum an Ausrüstung voraussetzen.

5.1. Werkstoffe

Neben dem für Leiterplatten verwendeten kupferkaschierten Schichtpreßstoff (s. Kapitel 4.), mit dem sich auch Gehäuse und andere Aufbauten realisieren lassen, kommen für den Amateur vor allem Kunststoffe in Frage, sowohl PVC mit seinen entsprechenden Handelsnamen (Dezelit u. ä.) als auch Polystyrol und Zelluloid, schließlich aber auch das übliche Hartpapier. Zu den Hilfsstoffen kann man Gieß- und Klebeharze rechnen, die aber weniger Einzelpersonen als vielmehr Arbeitsgemeinschaften zur Verfügung stehen.

Von den genannten Materialien hat PVC die besten Bearbeitungseigenschaften. Es läßt sich bohren, schneiden, warm (und begrenzt auch kalt) biegen, kleben und polieren. Man erhält es in Dicken zwischen einigen Zehntel Millimetern bis zu einigen Millimetern. Günstig für kleinere Gehäuse sind 1 bis 2 mm. Die Beschaffbarkeit ist unterschiedlich. PVC-Schreib- und Bastelunterlagen werden um 0,5 mm Dicke gehandelt; Im Haushaltwarengeschäft findet man Teigschaber aus 1-mm-PVC in verschiedenen Farben; Stangen und Rohre werden bisweilen in Möbelbastelläden angeboten. Plattenmaterialreste liegen manchmal am Rande von Baustellen. Arbeitsgemeinschaften vermag schließlich der Patenbetrieb meist mit einem ganzen Sortiment zu helfen. Dazu gehört der entsprechende Kleber (*PC 15, PCD 13*), der das Material leicht anlöst und bei dessen Verarbeitung gut gelüftet werden muß (nur kleine Mengen verarbeiten).

Zelluloid, das ebenfalls hin und wieder als Plattenmaterial angeboten wird (auch durchsichtig), läßt sich ebensogut bohren und sägen; aber beim thermischen Biegen ist genauso Vorsicht geboten wie bei dem Versuch, es zu polieren. Alleskleber, deren Lösungsmittel das Material anlösen, sind für Zelluloid geeignet (probieren).

Polystyrol ist das Material, das man am vorsichtigsten bearbeiten muß, sowohl wegen der schnellen Erweichung beim Feilen und Bohren als auch wegen der großen Splitter-

gefahr. Es gibt die verschiedensten Behälter, deren Formen und Größen vielen Geräten entgegenkommen. (Kleben vgl. Zelluloid.)

Zu Hartpapier muß an dieser Stelle nichts weiter gesagt werden; mit ihm ist wohl schon jeder Bastler in Berührung gekommen.

In den folgenden Abschnitten findet man zu den genannten Werkstoffen jeweils die notwendigen Hinweise für die einzelnen Bearbeitungsformen.

5.2. Trennen

Darunter soll Sägen, Schneiden und Ritzen mit anschließendem Brechen verstanden werden. Das genau in seinen Konturen angerissene Material muß seinen Werkstoffeigenschaften gemäß behandelt werden; außerdem spielen die Voraussetzungen beim einzelnen Bastler eine Rolle.
Betrachten wir kurz die verschiedenen Möglichkeiten:

Ritzen
Das Trennen glatter Kanten gelingt durch Ritzen und anschließendes Brechen, wenn das Material die entsprechenden Voraussetzungen hat. Diese sind u. a. gegeben bei Hartpapier (sowohl normalem als auch kupferkaschiertem) und anderen nichtthermoplastischen Werkstoffen. Bei Polystyrol, PVC und Zelluloid ritzt man dagegen von beiden Seiten so weit, daß schließlich das überall gut aufliegende Material durchschnitten wird. Andernfalls splittert es unkontrolliert (vor allem Polystyrol), oder es verformt sich an der Trennkante plastisch (PVC).

Für das schnelle Zurechtschneiden eines Leiterplattenrohlings ist Ritzen also das rationellste Verfahren. Bei kupferkaschiertem Hartpapier ritzt man zunächst auf der Folieseite und markiert dann auf der anderen Seite gegen das Licht die durchschimmernde Linie, so daß man beidseitig sich deckende Schnitte erhält.

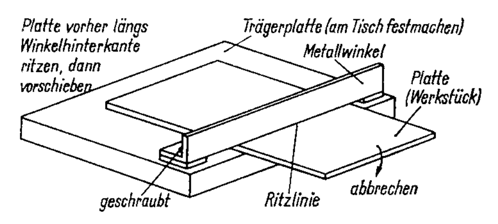


Bild 23 Vorrichtung für das Trennen von Plattenmaterial durch Ritzen

Geeignete Ritzwerkzeuge sind Messer, entsprechend angeschliffene Schraubenzieher, nur für diesen Zweck vorbereitete Reißnadeln und Feilen. Wichtig ist ein stabiler Anschlag, damit das Lineal auf der Platte nicht verrutschen kann. Aus diesem Grund hat sich eine Vorrichtung gut bewährt, deren einfachste Ausführung Bild 23 zeigt. In ihrer vollständigen Form trägt eine stabile Grundplatte aus Holz oder mehrere Millimeter dickem Hartpapier auf 2 Seiten rechtwinklig zueinander stehende Anschläge aus Winkeleisen oder glatter Holzleiste sowie eine Führungsschiene, die man parallel zum hinteren Anschlag anordnet und am zweiten Anschlag entlangführen kann. Sie soll das Plattenmaterial einerseits auf der Grundplatte festhalten und dient andererseits zunächst als Lineal beim Ritzen und danach als Klemmstück beim Abbrechen. Es eignet sich wiederum ein Stück Winkeleisen mit Randbohrungen, so daß man es auf der Grundplatte festschrauben kann. Beim Brechen soll die Ritzlinie mit der Vorderkante der Platte abschließen und über die Tischkante hinausragen. Man bricht sauber ab, wenn die Platte in ihrer ganzen Breite erfaßt wird.

Eine weitere Voraussetzung für einen sauberen Bruch ist, daß neben beidseitig genügend tiefen Ritzlinien vor allem ihr Anfang und ihr Ende tief genug eingekerbt sind, da dort das Material sonst zum unsauberen Trennen neigt.

Anschließend kann man die Bruchkante gleich in der Vorrichtung glattfeilen.

Auf diese Weise läßt sich auch dünnes Aluminiumblech (bis etwa 1 mm) trennen, wobei aber wieder sehr tief geritzt werden muß. Andernfalls verformt es sich am Rand, bevor es bricht.

Platten bis zum Format A 5 können auf die beschriebene Art in wenigen Minuten getrennt werden; das Verfahren ist also relativ rationell.

Im Zusammenhang mit diesem Abschnitt einige Worte zum Feilen, auf das nicht weiter eingegangen werden soll. Selbstverständlich sind alle diese Materialien so zu bearbeiten, daß keine senkrecht zur Plattenoberfläche wirkenden Kräfte auftreten können. Bei Hartpapier würden diese die obersten Schichten abheben, bei Leiterplatten sogar die Folie. Polystyrol splittert leicht. Die Feile wird also immer längs der genügend kurz eingespannten Kante geführt. Bei den thermoplastischen Materialien muß ein zu großer Druck vermieden werden, da andernfalls beim Feilen das Material erweichen kann. Eine unsaubere Fläche ist die Folge; außerdem verschmiert die Feile.

Schneiden

Für diese Bearbeitungsart eignet sich Hartpapier (zumindest beim Bastler) oberhalb von 0,5 mm Dicke absolut nicht, denn es splittert beim Schneiden. PVC, Zelluloid (bis etwa 1 mm) und dünnes Aluminium sind bedingt geeignet. Vorauszusetzen ist eine entsprechende Schneidvorrichtung. Während dünne Bleche mit einer kleinen Goldblattschere aus dem Werkzeuggeschäft sehr sauber geschnitten werden können, empfiehlt sich im übrigen für PVC-Plattenmaterial bis etwa 1,5 mm Dicke, für Aluminiumblech bis 0,5 mm sowie für Zelluloid bis etwa 1 bzw. 1,5 mm eine Fotohebelschere. Ihr Tischformat richtet sich nach der Größe der zu verarbeitenden Platten; Format A 4 ist günstig. Auch bei ihr wird ein Niederhalter empfohlen. Man muß das Material gut festhalten, damit es beim Schneiden nicht aus seiner Soll-Lage rutscht.

Sägen
Sobald das Material dicker ist, als man es durch Schneiden trennen kann, kommt die Laubsäge als ein dem Bastler gemäßes Arbeitsmittel in Frage, bestückt mit dem jeweils geeignetsten Sägeblatt. Bei thermoplastischem Material beachte man wieder den Effekt des Verschmierens beim zu schnellen Sägen und, vor allem bei Polystyrol, die Splittergefahr. Sie besteht (auch für Hartpapier) hauptsächlich kurz vor Ende des Schnittes.

Auch Laubsägeschnitte glättet man anschließend mit der Feile. Es empfiehlt sich also nicht, zu dicht an der endgültigen Kontur entlangzusägen. Der besondere Vorzug der Laubsäge besteht darin, daß sie komplizierte Konturen und Aussparungen herzustellen erlaubt.

5.3. Bohren

Bei der Metallbearbeitung lernt man die Reihenfolge Anreißen – Ankörnen – Bohren. Ankörnen verursacht aber bei Materialien, die Splitterneigung zeigen, viel Ausschuß. Will man sich nicht auf sein Gefühl verlassen, so muß man daher anders vorgehen. Bewährt hat sich z. B. ein Herausschälen der Vertiefungen, in denen später der Bohrer geführt werden soll. Das geschieht im primitivsten Fall mit einer Messerspitze, die man vorsichtig auf der durch die Schablone mit der Reißnadel angestochenen Markierung dreht, oder man schleift sich eine Schraubenzieherspitze entsprechend an. Genaue Löcher sind natürlich direkt auf dem Material anzuzeichnen.

In den wenigsten Fällen dürfte dem Amateur eine elektrische Bohrmaschine zur Verfügung stehen, die für jeden Fall die richtige Geschwindigkeit und die passenden Bohrer erlaubt. Anfangs wird er wohl nur über eine Handbohrmaschine verfügen. Es ist nun ein Problem, besonders die für Leiterplatten notwendigen kleinen Löcher mit einer solchen Maschine in das Material zu bringen, ohne daß der Bohrer verbogen wird

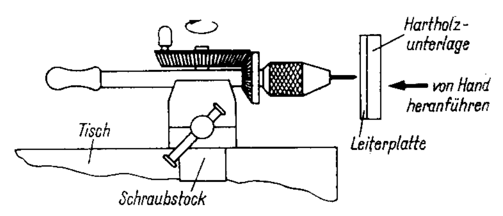


Bild 24 So setzt man die Handbohrmaschine bei Leiterplatten ein

oder gar abbricht. In solchen Fällen bewegt man daher nicht die Maschine in Richtung Material, sondern spannt sie ein und führt das Werkstück an sie heran. Bild 24 zeigt eine dafür seit langem bewährte Methode.

Sehr wichtig für eine einwandfreie Bohrung ist neben einem gut angeschliffenen Bohrer eine geeignete Unterlage, z. B. Hartholz mit glatter Oberfläche. Die Bohrspäne dürfen sich nicht darunter sammeln, sonst liegt das Werkstück hohl. Das aber muß auf jeden Fall vermieden werden, weil sonst die unteren Lochränder ausplatzen können. Es empfiehlt sich, größere Löcher als etwa 4 mm Durchmesser in PVC, Polystyrol u. ä. nicht durch normales Bohren zu erzeugen, sondern in einigen Schritten vorzubohren und dann den eingespannten endgültigen Bohrer nur noch vorsichtig direkt von Hand zu drehen. So vermeidet man ein Einfressen des Bohrers in das Material.

Auch der Auflagedruck beim Bohren darf nie höher sein, als es für das Abheben eines sauberen Spanes notwendig ist. Stumpfe Bohrer bedeuten besonders schnelles Erwärmen des Materials. In schwierigen Fällen muß man in einzelnen Etappen bohren oder entsprechend kühlen, notfalls mit Wasser.

Die Löcher kann man mit einem um einige Millimeter größeren Bohrer vorsichtig von Hand entgraten, wenn sie etwas ausgeplatzt sind. Auf der Folieseite von Leiterplatten dagegen darf nur dann angesenkt werden, wenn man damit eine bestimmte Wirkung erzielen will, z. B. Vorsorge für ein leichteres Ausbauen von Bauelementen mit mehreren Anschlüssen. In allen anderen Fällen würde man beim Einlöten

Schwierigkeiten haben. Größere Löcher sägt man am besten mit der Laubsäge aus, evtl. mit einem Kranz kleiner Löcher als Zwischenstadium.

5.4. Schrauben und Nieten

Weiche Niete aus Kupfer, Messing, Aluminium, auch umbördelte Hohlniete lassen sich mit etwas Erfahrung durchaus zum Vernieten von Kunststoffen, besonders von PVC, verwenden. Auch Niete aus dem gleichen Material haben sich bewährt. Dieses Arbeitsverfahren ist aber erst nach entsprechender Übung zu empfehlen.

Bild 25 zeigt eine Art thermisches Nieten, wie es sich besonders für PVC eignet. Eine Drahtklammer wird unter leichtem Druck mit Hilfe von warmem Lötkolben und Pinzette in das Material gedrückt, bis sie unten durchkommt. Daher muß das Werkstück dort frei liegen. Die Temperatur der Klammer wird sofort noch dazu ausgenutzt, daß man sie oben in das Material einlaufen läßt. Unten geschieht das nach dem Umbiegen und evtl. nach neuem Erwärmen ebenfalls. Oft braucht auch die Klammer nur so lang zu sein, daß sie unten gar nicht ganz durchkommt. Für PVC-Platten bis 1,5 mm Dicke wählt man 0,6 bis 0,7 mm Drahtdurchmesser; für 2-mm-Material ist auch 1-mm-Draht zulässig. Größere Treffsicherheit und einen geringen Materialwulst erhält man, wenn die Sollstellen mit einem Bohrer von etwa $^1/_2$ bis $^3/_4$ des Drahtdurchmessers

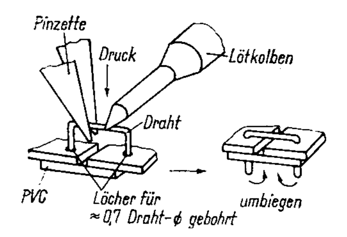


Bild 25

Drahtklammer verbindet thermoplastische Platten mit Hilfe des Lötkolbens

vorgebohrt werden. Ein solcher thermisch eingedrückter Draht kann außerdem auch vorsichtig durch Nieten gestaucht werden.

Beim Schrauben unterscheidet man einmal durchgehendes Schrauben mit Gegenmutter (das ist die zuverlässigste Verbindung); der Amateur kann jedoch durchaus auch Gewinde in Hartpapier und thermoplastische Kunststoffe schneiden, wenn er entsprechend vorsichtig ist. Bei Hartpapier muß man auf jeden Fall senkrecht zur Schichtrichtung schneiden, andernfalls ergibt sich kein zuverlässiges Gewinde. Auch dann ist aber zu beachten, daß die Schraube die gesamte Materialdicke erfaßt (und daß sie erst dann belastet wird), sonst kann es bei Hartpapier zum Aufblättern gemäß Bild 26 kommen.

Der Amateur beschafft sich am besten einen Maschinengewindebohrer M3, mit dem er in einem Arbeitsgang das Gewinde fertigstellen kann. Es empfiehlt sich, mit Öl zu schmieren. Sofern der Gewindebohrer hakt, dreht man ihn vorsichtig zurück, säubert ihn und beginnt von neuem.

5.5. Formen

Thermoplastische Kunststoffe verformt man am leichtesten mit Wärmeenergie. Das gilt besonders für PVC, das für die Belange des Amateurs geradezu ideal ist. Wir wollen uns in diesem Abschnitt daher auf dieses Material beschränken. Grundsätzlich gilt:

a) Dem Kunststoff ist so viel Wärme zuzuführen, daß er an den gewünschten Stellen plastisch wird, also keine Feder-

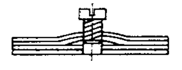


Bild 26 So kann sich eine Schraube auswirken, wenn sie nicht vollständig in Hartpapier als Gewindeträger eingeschraubt wird

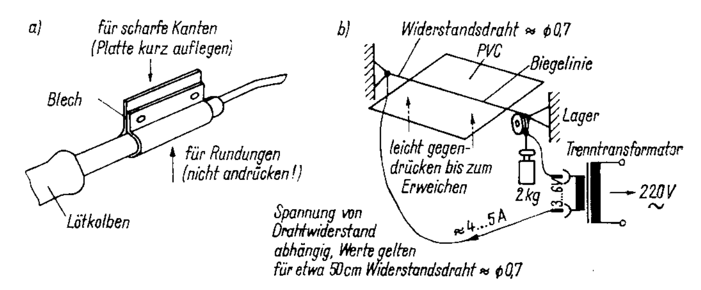


Bild 27 Einige Möglichkeiten für das Formen von PVC-Plattenmaterial

wirkung mehr zeigt. Bei Biegelinien muß daher die Wärmequelle unbedingt überall gleichmäßig anliegen (und auch überall die gleiche Temperatur haben).

b) Die Temperatur der Wärmequelle muß genügend weit unter der für den Werkstoff kritischen Grenze liegen, bei der er sich zersetzt.

c) Die Wärmekapazität der Quelle muß so groß sein, daß die Anfangstemperatur bei Anlegen des Kunststoffs an dessen Oberfläche und später in seinem Innern so groß bleibt, daß sich das Material überhaupt verformen läßt. Ist sie unterdimensioniert, so wird einerseits zwar das Material oberflächlich sogar zersetzt, andererseits erreicht es aber im Innern nicht die notwendige Verformungstemperatur.

Bild 27 faßt einige der Verfahren zusammen, die beim Amateur für das Formen von PVC-Plattenmaterial in Frage kommen, sofern er keinen zu hohen Aufwand treiben will.

5.6. Kleben

Die wichtigsten Hinweise über anlösende Kleber wurden bereits in Abschnitt 5.1. gegeben. Greifen nicht zu große Kräfte an, so kann man auf Hartpapier, wenn man die Stelle vorher anrauht, noch mit Alleskleber arbeiten. Geht es dagegen um

größere Kräfte, so braucht man Epoxidharz. Es besteht die Hoffnung, daß zum Zeitpunkt des Erscheinens dieser Broschüre entsprechende Bastelpackungen auf dem Markt sind (die Fa. Asol-Chemie, Berlin, bietet *Epasol EP 11* an), mit deren Hilfe es möglich ist, auch zu Hause Epoxidharzklebungen vorzunehmen. Bekanntlich zeichnen sich solche Verbindungen, werden sie richtig angewendet, durch eine große Klebekraft aus. Arbeitsgemeinschaften verwenden schon jetzt gern das Gieß- und Klebeharz *EGK 19*, das man mit entsprechendem Härter erst kurz vor Benutzung mischt. Dieses Harz bedingt allerdings sehr dicht aufeinanderliegende Klebeflächen ohne größere Zwischenräume. Saubere, fettfreie Oberfläche ist eine weitere Voraussetzung. Alle diese Verfahren sind in der Broschüre (Nr. 59) über Gießharztechnik in der Reihe „Der praktische Funkamateur“ enthalten. Sie gehen also z. Z. meist über den Rahmen der Möglichkeiten eines Anfängers hinaus. Außerdem sind besondere Gesundheitsschutzbestimmungen zu beachten. Das trifft auch für den nächsten Abschnitt zu.

5.7. Gießen

Zum Schutz von Bauelementen und Baugruppen gegen Klimaeinwirkungen und mechanische Kräfte sowie zur Erhöhung der Spannungsfestigkeit bettet man sie in entsprechende Kunststoffe ein, sofern extreme Einsatzbedingungen das erfordern. Typische Vertreter solcher Einbettmassen sind Epoxid- und Polyesterharze. Das bringt wieder eine ganze Reihe von Problemen mit sich, die der Anfänger nicht beherrscht. Es wird daher auf die bereits genannte Broschüre verwiesen, die für Arbeitsgemeinschaften sicher von Interesse sein dürfte. Zur Vervollständigung der Informationen in dieser Richtung sei nur noch auf Bild 28 verwiesen, das die Definitionen zu den geltenden Begriffen zusammenfaßt.

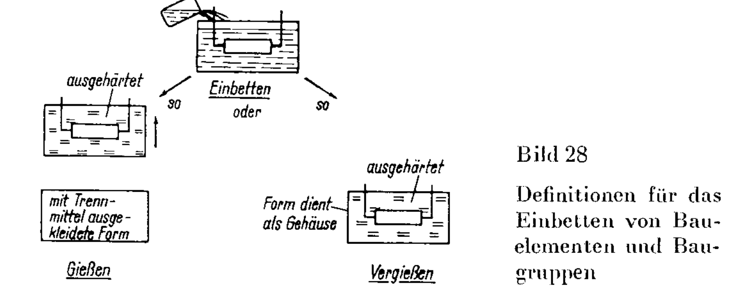


Bild 28
Definitionen für das Einbetten von Bauelementen und Baugruppen

5.8. Löten

Für den Amateur kommt selbstverständlich nur Weichlöten in Frage, wofür ein Zinnlot mit 60 % Zinn und 40 % Blei Verwendung findet. Damit lötet man vor allem Kupfer, Messing, Silber (Oberflächen) und Eisen.

Die Wärmekapazität der Lötstelle bestimmt die Lötkolbengröße. Als Mittler zwischen dem Zinn und den zu verbindenden Metallen dient ein Flußmittel, das sowohl die Oberflächenspannung des Zinns reduzieren als auch die Lötstellen von der ihnen noch anhaftenden dünnen Oxidhaut befreien soll. Je weniger aggressiv ein Lötmittel, um so geringer die zweite Wirkung, so daß es sich auf jeden Fall empfiehlt, die späteren Lötstellen gründlich zu säubern, am besten mit einem Glashaarpinsel. Grobe Verschmutzungen, Lackreste usw. müssen vorher abgekratzt werden. Außerdem sollte man jedes Teil vor dem Löten einzeln in Flußmittel verzinnen. Als neutrales Flußmittel gilt in Spiritus gelöstes Kolophonium. Es gibt jedoch im Handel weit wirksamere Mittel, die von der Fa. Otto in Magdeburg hergestellt werden, z. B. das bereits weiter oben genannte WFF oder die Löttinktur Nr. 23. Mit ihrer Hilfe erzielt man ausgezeichnete Lötstellen, muß jedoch besonders bei WFF dafür sorgen, daß kein Flußmittel in größerer Menge auf der Lötstelle zurückbleibt, wo es bei Feuchteeinwirkung unter Umständen dünne Drähte angreifen kann.

Der Lötkolben selbst sollte ein 40- bis 60-W-Typ sein; zu empfehlen sind z. B. die Kolben des VEB Elektrotechnische Werkstätten Erkner. Allerdings ist ihr Wirkungsgrad so hoch, daß beim Betrieb an der vollen Netzspannung die Spitze ziemlich schnell verzundert; sie muß also oft gereinigt werden. Für Lötarbeiten auf Leiterplatten und für Drahtdurchmesser bis etwa 0,8 mm eignen sich auch Kleinspannungslötkolben mit 10 bis 20 W Leistung, die mit 6 oder 12 V betrieben werden, also über einen Transformator. Das bedeutet einmal für Halbleiterschaltungen völlig gefahrloses Arbeiten bezüglich Strömen aus dem Netz (Transistoren können schon durch kleine vagabundierende Ströme zerstört werden), andererseits erlauben sie leichter die Einstellung einer gewünschten Kolbentemperatur mit Hilfe von Anzapfungen am Transformator.

Über die geeignete Form der Lötkolbenspitze wurde bereits im Zusammenhang mit dem Löten auf Leiterplatten in Kapitel 4. berichtet. Im Rahmen dieser Broschüre mag das Thema Löten als abgeschlossen gelten.

5.9. Oberfläche

Oberflächen müssen manchmal aus klimatischen, beim Amateur aber meist nur aus optischen Gründen behandelt werden, d. h., er wird sich auf die Oberfläche seiner Gehäuse beschränken. Das ist nicht notwendig, wenn dafür eingefärbtes PVC verwendet wurde, das in vielen Farben zur Verfügung steht. Lediglich das sogenannte „hausfarbene“ (ein rötliches Braun) versieht man gegebenenfalls mit einer Lackfläche. In allen anderen Fällen genügt es, stumpf gewordene oder leicht verkratzte Stellen mit einem Metallpoliermittel (z. B. *Elsterglanz*) und einem weichen Tuch zu behandeln, wobei dann am besten über die ganze Fläche hinweg poliert wird. Anschließend ist mit warmem Fit-Wasser zu spülen.

Nur aussichtslos verkratzte Flächen müssen lackiert werden. Hartpapier dagegen möchte man ebenso verdecken wie rohe

Metallgehäuse. Bei diesen sind zunächst evtl. vorhandene Beulen vorsichtig zu beseitigen. Korrodierte Flächen werden mit feinem Naßschleifpapier behandelt und schließlich mit ATA. Nach Spülen und Trocknen füllt man, wenn erforderlich, Vertiefungen mit einer Spachtelmasse aus, die auf Metall haftet und auf der später der Lack ausreichend hält.

Die primitivste Lackierung ist die mit Pinsel. Man muß schnell und gleichmäßig arbeiten, damit Lackansätze vermieden werden. Meist empfiehlt sich 2maliges Auftragen. Bei jeder Lacksorte sind spezielle Vorschriften zu beachten. Beliebt sind lufttrocknende Nitrolacke; wegen der auftretenden Geruchsbelästigung bis zum Trocknen geht man damit ins Freie. Ofenlack ist natürlich wesentlich haltbarer, setzt aber mindestens einen Infrarotstrahler voraus.

Kurz vor Abschluß der Arbeit an dieser Broschüre kam ein Erzeugnis auf den Markt, das zumindest die erfahreren unter den Lesern in die Lage versetzt, mit etwas Übung einen sehr sauberen Lacküberzug auf bequeme Art zu erzeugen (auch dies am besten im Freien, schon wegen der Streuung!). Zunächst sei der auf der Flasche enthaltene Hinweis wiederholt, daß diese Packungen nicht in Kinderhände gehören. Es handelt sich nämlich um eine unter Druck stehende Spraydose, die Autoreparaturlack enthält, speziell entwickelt in den Farben des PKW *Wartburg*. Die Dosen kommen vom VEB Aerosol Automat. Man erhält sie für 5,70 M in den einschlägigen Geschäften. Mit der in ihnen enthaltenen Menge kann der Amateur schon eine Weile auskommen. Bei rationeller Anwendung ist der Preis durchaus gerechtfertigt. Es empfiehlt sich, 2 Packungen mit zueinander passenden Farben zu beschaffen, so daß man z. B. die Frontplatte heller und den Rahmen des Gehäuses dunkler spritzen kann. Ein Aufdruck auf der Dose gibt spezielle Verarbeitungshinweise. Für den Einsatz beim Amateur sollte man zunächst einige Gegenstände sammeln, die lackiert werden sollen. Bei den oft sehr kleinen Flächen läßt sich nämlich nur bei gleichzeitigem Besprühen mehrerer Objekte der zwangsläufig gegebene Kegeldurch-

messer des Lacknebels nutzen, denn es soll aus etwa 30 cm Entfernung gesprüht werden (sonst bilden sich Tröpfchen auf der Oberfläche). Alle Flächen, die man farbfrei halten will, müssen vorher mit Papier abgedeckt werden. Nach einer Neutralitätsprobe an verdeckter Stelle ist dazu meist Büroleim geeignet, da sich anschließend die Papierstücke mit Wasser wieder ablösen lassen. Übrigens reagieren verschiedene Materialsorten unterschiedlich auf den Lack, so daß stets eine vorherige Probe zu empfehlen ist, auch betreffs der Frage, wievielmal besprüht werden muß. Der Lack trocknet bereits in wenigen Minuten genügend an. Durchsichtige Kunststoffbehälter können ebenfalls auf diese Art lackiert werden; ein besonderer Effekt entsteht, wenn das von innen geschieht. Auf Hartpapier verbessert sich die Haftung durch vorheriges Scheuern mit ATA. Allerdings bildet der Lack – besonders bei nur einmaligem Auftragen – jeden Kratzer ab. Der Lack ist auch für PVC geeignet – eine wesentliche Hilfe bei „hausfarbenen“ Gehäusen! Größeren mechanischen Beanspruchungen sollte die Lackoberfläche allerdings nicht ausgesetzt werden. — Manche Geräte sollen großflächige Abdeckungen aus durchsichtigem Material erhalten, z. B. für Skalen; allerdings wünscht man sich oft noch eine Blende um diese. Es ist nun möglich, die später freien Flächen mit Klebepapier von hinten sauber abzudecken und das übrige ebenfalls von hinten zu spritzen. Nach Entfernen des Papiers liegt eine saubere Skalenöffnung vor.

Zum Schluß noch einige Hinweise zum Verändern von Oberflächen, ohne daß mit Lack gearbeitet wird. Der bereits genannte *Elsterglanz* ergibt u. a. auf Aluminium Hochglanz, verbunden mit einem gewissen Korrosionsschutz, sofern die Metalloberfläche nicht zu sehr verkratzt war. Andererseits erhält man mit ATA eine leicht stumpfe, aber saubere Oberfläche, wobei zuletzt wegen der Lichtreflexe nur noch in einer Richtung gescheuert werden sollte.

Wirksam lassen sich sowohl Metalle als auch PVC polieren, wenn man ein Stück Filz (Schreibmaschinenunterlage o. ä.)

nach Bild 29 mit einem zentralen Halter versieht und es in die elektrische Bohrmaschine spannt (auch das ist nur ein Tip für erfahrene Leser, die schon mit elektrischen Maschinen umgehen dürfen!). Als Schleifmittel kann das genannte Poliermittel, bei PVC besser noch Kunststoffschleifpaste dienen. Bei PVC etwas üben, da vom richtigen Druck abhängt, ob sich eine glatte Oberfläche ergibt. Zu starker Druck erwärmt die Fläche so stark, daß sich die Scheibe einfrißt und eine stumpfe Spur hinterläßt, die man kaum wieder entfernen kann.

Auf chemische Verfahren zur Veränderung der Oberfläche von Metallen soll wegen der damit verbundenen Gefahren nicht eingegangen werden. Holz wird vom Amateur höchstens bei größeren Rundfunkgeräten eingesetzt, doch stehen dafür sehr viele Fertiggehäuse aus Restposten meist billig zur Verfügung, so daß auf die Beschreibung von Holzveredelungsverfahren verzichtet werden kann.

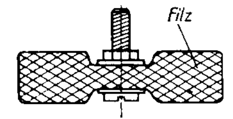


Bild 29

Filzscheibe zum Polieren von PVC und Metall mit Bohrmaschine

6. Bausteintechnik

Eines der Mittel, nicht nur Industrieentwicklungen, sondern auch das Basteln in vernünftigem Maß zu rationalisieren, ist die *Bausteintechnik*. Das Kapitel bringt einige grundsätzliche Erläuterungen dazu sowie amateurgerechte Beispiele.

Rationelle Fertigung und leichtere Reparatur waren Gründe dafür, daß man frühzeitig Geräte in einzelne Einheiten aufzugliedern begann. Erst die gedruckte Schaltung aber brachte die Baugruppentechnik zur vollen Entfaltung. Wenn in den folgenden Abschnitten von den beiden Begriffen *Baustein* und *Baugruppe* gleichberechtigt gesprochen wird, so ist das eine Vereinfachung, denn eine Baugruppe kann bereits aus mehreren kleineren Bausteinen bestehen. Das ist besonders im Zeitalter der integrierten Schaltungen der Fall.

Schon die mit fast allen Bauelementen eines Taschenempfängers bestückte Leiterplatte kann man als Baugruppe ansehen, die durch die außen liegenden restlichen Teile (vor allem den Lautsprecher) zum Gesamtgerät komplettiert wird. Diese Baueinheit läßt sich völlig unabhängig von den anderen herstellen und prüfen, bevor überhaupt das übrige Gerät existiert. Im allgemeinen schließt der Begriff *Baugruppentechnik* allerdings die Vorstellung ein, daß ein Gerät aus mehreren Baugruppen zusammengesetzt wird.

6.1. Gesichtspunkte

Im Lauf der technischen Entwicklung sind elektronische Geräte immer komplizierter geworden. Glücklicherweise zeigt

sich aber, daß auch ein kompliziertes Gesamtgerät aus einer begrenzten Anzahl von Schaltungsteilen besteht, die auch in anderen Geräten und anderer Kombination wiederkehren können, und sei es nur bezüglich der Wirkung. Wie viele verschiedene Geräte z. B. benutzen Verstärker für bestimmte Frequenzbereiche, die sich im Grunde gar nicht so stark unterscheiden? Noch augenfälliger wird das bei den Verknüpfungen der sogenannten Digitaltechnik. Dem Entwickler solcher Geräte war es daher eine große Erleichterung, als er nicht mehr vom Einzelbauelement an diese immer wiederkehrenden Grundschaltungen zusammensetzen mußte, sondern dank des Angebots der einschlägigen Industrie von der fertigen Baugruppe (bzw. dem Baustein) ausgehen konnte, deren Anschlußwerte bekannt sind und die sich mit anderen eines Systems in gewünschter Weise relativ schnell zu den erforderlichen Gesamtschaltungen zusammensetzen läßt. Eine entsprechend sinnvolle Anordnung dieser Teilschaltungen ermöglicht übersichtlichen Aufbau und daher auch leichte Wartung.

Die gedruckte Schaltung kam dieserEntwicklung weitgehend entgegen, denn ihre gesamte Verdrahtung liegt ja bekanntlich in einer Ebene, so daß bereits dadurch eine größere Servicefreundlichkeit gegeben ist. In der weiteren technischen Entwicklung wurden schon vom Hersteller der Bauelemente solche Funktionsgruppen angeboten, und der heutige technische Stand ist gegeben durch Festkörperschaltkreise kleinster Ausmaße, von denen man eine ganze Anzahl auf einer Leiterplatte vereinigen kann. Die Leiterplatte wird dabei bereits so klein wie früher eine Platte mit nur einer Grundschaltung, während die Zuverlässigkeit der neuen Art wesentlich über der der alten Technik mit eingelöteten Einzelbauelementen liegt.

Zusammenfassend läßt sich feststellen: Wachsender Funktionsinhalt forderte (damit die Geräte übersichtlich blieben und rationell entwickelt, gefertigt und repariert werden können) Aufgliedern der Gesamtschaltung in Baugruppen. Die höhere Stufe dieser Entwicklung bestand dann in Bau-

steinsystemen, die sich zu den verschiedensten Geräten zusammensetzen lassen und eine Fertigung in großen Stückzahlen gestatten, verbunden mit rationeller Lagerhaltung und erleichterter Reparatur. In ihrer gegenwärtig höchsten Stufe ist die Baugruppe mit integrierten Schaltkreisen bestückt, bzw. sie besteht nur noch aus je einem solchen.

Für den Amateur ist gegenwärtig die sinnvollste Stufe in dieser Technik die Bestückung von Leiterplatten einheitlicher Formate mit modernen Kleinstbauelementen, wie sie im Handel erhältlich sind. In den folgenden Jahren wird er dann zunehmend auch (wahrscheinlich zunächst) Dünnschichtschaltkreise und später Festkörperschaltkreise kaufen können, so daß ihm dann gar nichts anderes mehr übrigbleibt, als vom Baustein her zu entwickeln.

Schließlich ist es sicher auch für den Amateur von Nutzen, sich mit bekannten Grundschaltungen, die er nicht jedesmal wieder neu aufbauen muß, kompliziertere Geräte zu schaffen. Außerdem wird dabei der Bauelementeverbrauch geringer (ein finanzielles Problem), denn die Teile einer mehrfach verwendbaren Baugruppe sind ja immer sofort als Ganzes da, sie können nicht beschädigt werden, wie das beim Aus- und Einlöten leider oft geschieht. Auch für den Amateur hat also eine gewisse Standardisierung seiner Schaltungen durchaus Sinn. Das gelingt am überzeugendsten mit steckbaren Baugruppen, und zwar in möglichst wenig unterschiedlichen Formaten. Voraussetzung ist dann nur noch die einmalige Anschaffung eines entsprechenden Sortiments an Bauelementen einschließlich der Leiterplatten (bzw. ihre Selbstanfertigung) sowie bestimmter Kontaktorgane. Nach dem einmaligen Zusammensetzen dieser Baugruppen lassen sich beliebig oft verschiedene Geräte zusammenschalten. Die Geräte bestehen dann aus wenigen Hauptteilen: aus den lösbaren Baugruppen, dem Gerüstteil und dem Gehäuse. Der Gerüstteil enthält die verdrahteten Baugruppenfassungen sowie die evtl. ebenfalls mit Steckanschlüssen versehenen größeren Bauelemente. Das alles ermöglicht dem Amateur jeweils Konzentration auf das

Wesentliche, auf die neue Gesamtschaltung, die er ganz oder teilweise mit vorhandenen Baugruppen realisieren kann. Wenn sich z. B. Arbeitsgemeinschaften auf ein bestimmtes Kontaktsystem und auf die entsprechenden Plattenformate einigen, so ist dort sogar je nach Bedarf eine Art Baugruppentausch möglich.

6.2. Konzeptionen

In der Industrie und auch beim Amateur hat sich die Aufteilung einer Schaltung nach vorwiegend elektrischen Gesichtspunkten durchgesetzt, d. h., man versucht, in einer Baugruppe eine oder (bei größeren Formaten) mehrere Grundschaltungen unterzubringen. Das bedeutet im Mittel etwa 10 Bauelemente je Baugruppe und ein Minimum störanfälliger Verbindungen nach außen. Ein nach mechanischen Gesichtspunkten (gleiche Formate bei gleichem, möglichst hohem Ausnutzungsgrad) aufgebautes Gerät kann nie einen so hohen „Standardisierungsfaktor" erreichen wie eines mit elektrisch abgeschlossenen Baugruppen. Es würde lediglich dazu dienen, ein gegebenes begrenztes Volumen mit diesen Baugruppen optimal zu füllen. Allerdings ist das auch bei Vorrang der elektrischen Gesichtspunkte anzustreben. Daher soll ein Bausteinsystem, geschaffen für eine Gruppe von Anwendungen verwandter Art, aus möglichst wenig unterschiedlichen und in je 2 Dimensionen einander angepaßten Formaten bestehen, damit es sich weitgehend den konstruktiven Forderungen der verschiedensten Geräte anpassen läßt. Das hat auch für die 3. Dimension Gültigkeit. Bei jeder neuen Baugruppe muß also zunächst entschieden werden, ob man flach oder hoch baut. Danach sind die Bauelemente zu wählen bzw. vorzubereiten. 2 elektrisch völlig gleiche Bausteine, die sich nur in der Anordnung der (liegenden bzw. stehenden) Bauelemente unterscheiden, gibt Bild 30 skizzenhaft wieder. In der Industrie entstand in den letzten Jahren eine ganze „Generation" von Meß- und Nach-

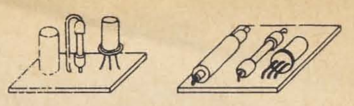


Bild 30 Unterschiedliche Ausnutzung der dritten Dimension mit einem Sortiment elektrisch gleicher Bauelemente

richtengeräten, die mit einheitlichen Steckkarten bestückt sind. Die dafür entwickelten Steckverbindungen sind auch dem Amateur zugänglich (Zeibina-Leiste mit 12, 24 bzw. 36 Kontakten).

Der Amateur vermag also ohne weiteres diese Technik nachzuahmen und kommt dadurch in den Genuß verschiedener weiterer konstruktiver Lösungen, die mit dem Aufbau dieses Systems verbunden sind. Einen Eindruck davon vermittelt Bild 31 (VVB Nachrichten- und Meßtechnik, System mit Plattenformat 90 mm × 150 mm). Besonders der Anfänger wird aber kaum solche großen Formate brauchen. Für ihn sind Baugruppen einfacher Schaltung (im Mittel bestückt mit etwa 10 Bauelementen) der richtige Beginn. Mit den modernen Kleinbauelementen erreicht er dann Formate, die zwischen Briefmarken- und halber Postkartengröße liegen können, je nach Technik und Anschlüssen. Dazu weiter unten mehr.

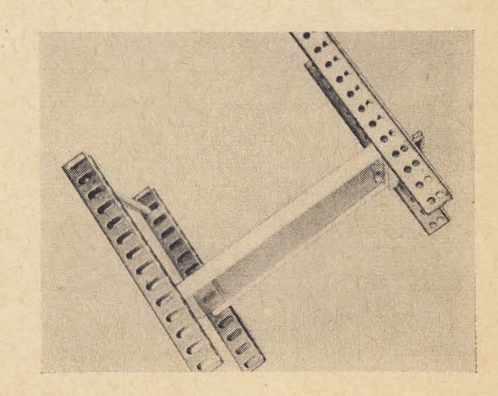


Bild 31

Einzelheiten eines industriellen Baukastensystems

6.3. Anschlüsse

Damit die Baugruppe elektrisch zum Teil einer Schaltung werden kann, braucht sie Anschlüsse nach außen. Es liegt auf der Hand, daß die unterschiedlichen Größen und Technologien von Bauelementen auch verschieden gestaltete Anschlußelemente erfordern, abgesehen von der grundsätzlichen Entscheidung, ob die Baugruppe gesteckt (also lösbar bleiben) oder eingelötet werden soll (für Geräte, die man ständig benutzt). Lötverbindungen sind allerdings im allgemeinen zuverlässiger als Steckkontakte. Auch der Volumenbedarf der Steckverbindungen legt es nahe, ein Gerät nicht im kleinsten Baustein steckbar zu gestalten. Man schafft sich dann rationeller einige Leiterplatten einheitlicher Formate als Träger dieser Bausteine und versieht erst sie mit Steckkontakten. Allerdings darf eine solche Zusammenfassung nur so weit gehen, daß die entstandenen Baugruppen noch genügend vielseitig kombiniert werden können. Je kleiner die greifbaren Steckverbindungen werden, um so mehr Möglichkeiten hat man, auch kleinste Formate steckbar zu machen.

Eine kleine Auswahl möglicher Lösungen für Baugruppenanschlüsse faßt Bild 32 zusammen. Die für den Amateur günstigste (weil – zumindest bei Manuskriptabschluß – noch im Handel erhältliche bzw. relativ leicht nachzubauende) Steckverbindung dürfte die vom VEB Meßelektronik Berlin für das unter 6.5. beschriebene Programm sein. Außerdem

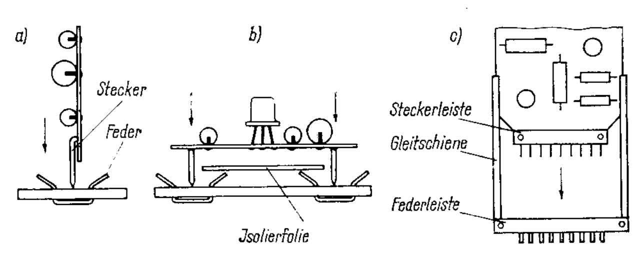


Bild 32 Amateurlösungen für Baugruppenanschlüsse

kommen vor allem die Einzelteile von Röhrenfassungen der Chassistechnik in Frage bzw. – bei entsprechender Anordnung der 1-mm-Stifte in der Baugruppe – die Fassungen selbst. In konsequenter Verfolgung dieses Gedankens kann man sich also ein System von Bausteinen schaffen, die im Teilkreis der 7- oder 9poligen Miniaturröhrenfassung 1-mm-Steckanschlüsse tragen. Als Gegenelemente lassen sich dann die üblichen Röhrenfassungen für gedruckte Schaltungen benutzen. Bild 33 gibt dazu einen Vorschlag und zeigt gleichzeitig in Vorgriff auf den nächsten Abschnitt, wie man diese Fassung zweckmäßig kombiniert. Der spezielle Anwendungsfall liegt dann als Leiterplatte griffbereit im Regal und trägt die erforderlichen Fassungen, in der für das Gerät notwendigen Weise über Leitungszüge miteinander verbunden.

Eine weitere Kontaktierungsmöglichkeit, vor allem bei größeren Baugruppen, ist das direkte Stecken der in Foliestecker an einer Kante auslaufenden Leiterzüge. Dafür gibt es Federleisten, die aber für Kleinbauweise nicht sehr günstig sind. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß der Amateur meist nicht die Möglichkeit hat, seine Leiterzüge mit Edelmetallauflage zu versehen, damit sie in solcher Steckverbindung über längere Zeit, besonders bei kleinen Spannungen und Strömen, genügend zuverlässig Kontakt geben.

Bild 34 zeigt Vorschläge für den Selbstbau dieser Federleisten, sofern geeignetes Federmaterial zur Verfügung steht.

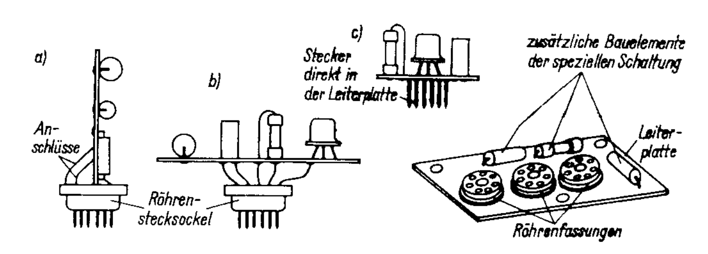
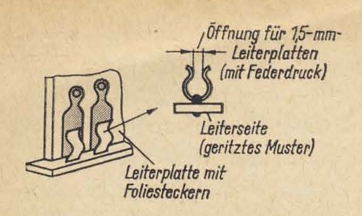


Bild 33 Baugruppen auf Röhrenfassungen



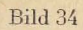
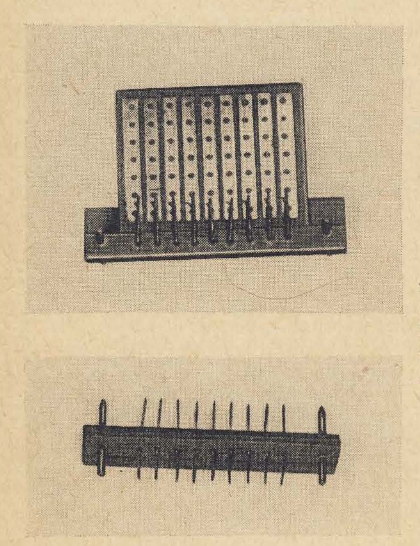


Bild 34

Selbstbaumöglichkeit für Federleisten zum direkten Stecken;
a – mit Blechkontakten,



b – mit Bronzefederdraht

6.4. Kombinationstechnik

Ausgangspunkt ist ein Sortiment von Baugruppen verschiedener Grundschaltungen, das den gewünschten Anwendungsfällen entspricht. Für diese Baugruppen sollte man sich eine kleine Kartei anlegen und auf jedem Karteiblatt die interessierenden Daten vermerken (Anschlußspannung, Stromaufnahme, Eingangs- und Ausgangsdaten, Verstärkung o. ä. sowie Schaltung und Lage der Anschlüsse, mit Ziffern versehen, in eindeutiger Zuordnung zum Aufbau).

In Schaltungsentwürfen erhält die Baugruppe dann nur noch ein Symbol in Form eines rechteckigen Kästchens mit den bezifferten Anschlüssen. Beim Entwurf einer neuen Schaltung oder auch bei der Übernahme einer in üblicher Schaltungstechnik aus der Literatur entnommenen wird man also überlegen müssen, welche Wirkungen in den einzelnen Baustufen erreicht werden sollen, z. B. welcher Verstärkungsfaktor notwendig oder an welchen Ausgangswiderstand anzuschließen ist. Danach wählt man die entsprechenden Bausteine aus. Meist sind dazu aber noch Ergänzungsglieder nötig, damit die spezielle Wirkung tatsächlich erreicht wird. Man denke z. B. an die Aufgabe, Baugruppen verschiedener Anschlußspannungen in einem Gerät zu kombinieren. Auszugehen ist für die Quelle von der höchsten nötigen, während die anderen Bausteine dann mit Reduktionsgliedern zu versehen sind, z. B. mit Vorwiderstand und Siebkondensator, vielleicht auch mit Zenerdiode. Diese Gedankengänge konnten nur angedeutet werden, doch man erkennt daraus schon, daß ein Gerät immer aus einem Nebeneinander von *Speziellem* und *Universellem* bestehen wird.

Der Anfänger beginnt daher zunächst mit dem Nachbau von Schaltungen, die die entsprechende Literatur ihm für sein Schaltungssortiment bietet. Diese Vorschläge enthalten dann jeweils nur noch ein Blockschaltbild der Art von Bild 35 (dort ein netzbetriebenes Lichttelefon für eine Richtung, dessen Baugruppen weiter unten beschrieben werden). Bei seiner Umsetzung in ein funktionierendes Gerät muß man nun – ganz ähnlich wie beim Entwurf einer Leiterplatte – bestimmte Regeln einhalten, will man nicht eine Enttäuschung erleben. Zu diesen Regeln gehört z. B., daß man Eingang und Ausgang weit genug voneinander entfernt hält, besonders bei hochohmigem Eingang und hoher Verstärkung der Gesamtschaltung. Sehr wichtig ist auch eine zweckmäßige Führung der Masseleitung. Man darf sie keinesfalls so legen, daß die empfindliche Eingangsstufe von Störspannungen beeinflußt wird, die durch den meist großen Strom der Endstufe über dem

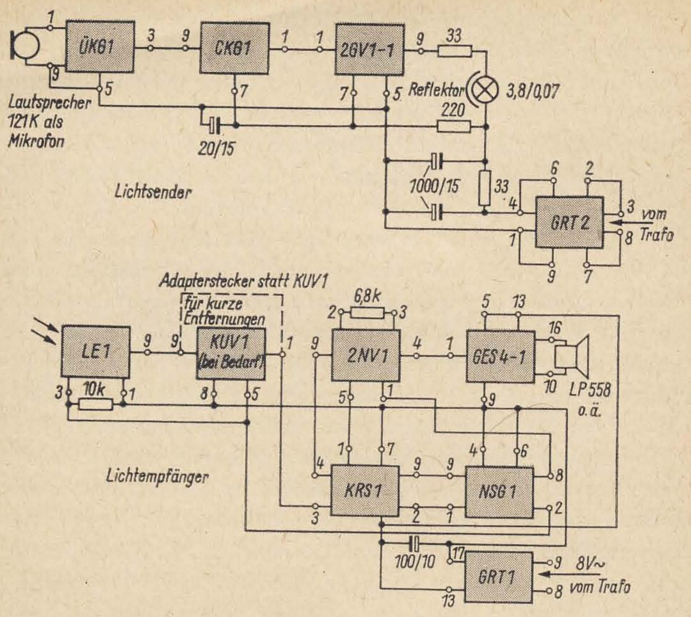


Bild 35 Beispiel für ein Blockschaltbild mit Baugruppen: Lichttelefon für Netzbetrieb (1 Richtung); Baugruppen werden später beschrieben (Achtung! Die Bezeichnungen GRT 1 und GRT 2 sind auszutauschen).

Widerstand der Masseleitung entstehen. Sinnvoll ist daher eine Art Sternerdung, wobei der Masseanschluß jedes Bausteins getrennt zu einem „kalten" Punkt geführt wird, an dem sich die Batterie oder ein genügend großer Elektrolytkondensator befindet. Von etwa 3 Transistoren in einer Verstärkerschaltung an rechnet man im allgemeinen mit der Notwendigkeit eines Entkopplungsglieds in der Versorgungsleitung der 1. Stufe. Selbstverständlich können solche Siebglieder Teil des Bausteinsystems sein, aber dort muß dann besonders sorgfältig darauf geachtet werden, daß über die Masseleitung keine neuen Verkopplungen entstehen. Man denke als Beispiel nur daran, daß mit einem doppelten Siebglied vielleicht 2 Stufen versorgt

werden sollen, die verstärkungsmäßig schon recht weit auseinanderliegen. Es kann dann vorkommen, daß über den gemeinsamen Masseanschluß dieses doppelten Siebglieds bereits wieder eine Verkopplung eintritt, die bis zur Selbsterregung führen kann.

Diese Bemerkungen sollten verdeutlichen, daß auch die einfache Zusammenschaltung von Bausteinen, so unkompliziert sie zunächst aussehen mag, besonders bei umfangreicheren Geräten doch einige Überlegungsarbeit erfordert, und es kann durchaus sein, daß man eine Verdrahtung noch einmal ändern muß, bevor sie richtig funktioniert.

Nach diesen Betrachtungen bezüglich der elektrischen Seite nun zur mechanischen. Dabei sind 2 Aufgaben zu lösen. Für das Kontaktsystem des Bausteins muß man die entsprechenden Gegenkontakte schaffen, für steckbare Bausteine also Aufnahmeleisten oder -fassungen, für einlötbare eine Sammelleiterplatte oder eine andere zweckmäßige Verdrahtungsart. Zum anderen geht es einfach darum, für die Bausteine (bzw. für ihre Fassungen) ein Gerüst zu schaffen, in dem sie mechanisch sicher zusammengefügt werden, so daß über den Weg Baustein – Kombination – Träger – Gehäuse schließlich das komplette Gerät entstehen kann. Zu den Fragen, die solche Trägerkombinationen betreffen, bringt Kapitel 7., Teil II, mehr. Allerdings sei ein kurzer Vorgriff auf die Kombination solcher Bausteine erlaubt, wie sie der folgende Abschnitt beschreibt, da diese unter den Amateuren inzwischen weit verbreitet sein dürften (Bild 36).

Kombinationstechnik beginnt schon innerhalb der Baugruppen, wenn diese etwas größere Dimensionen haben. Manchmal bilden sie bereits den gesamten Einschub des Geräts.

Die Bilder 37 und 38 zeigen sehr oft gebrauchte Anordnungen. Es handelt sich um den sogenannten Plattenbaustein und um die Montage von auf die Kante gestellten Modulplatten. Der 1. Aufbau ist besonders dann zweckmäßig, wenn z. B. eine Leiterplatte mit den kleineren Bauelementen einer Schaltung

Federn

Lochleiste

m steckbare Baugruppen

etwas Zinn

n Federleisten

wahlweise

beliebig oft bei Bedarf

fest einbauen

Baugruppe

x Versuchsschaltungen

Gehäuse

y Geräte

$m \ll n \longrightarrow x, y \gg m$

Bild 36 Einsatz von *Amateur-Elektronik*-Federleisten

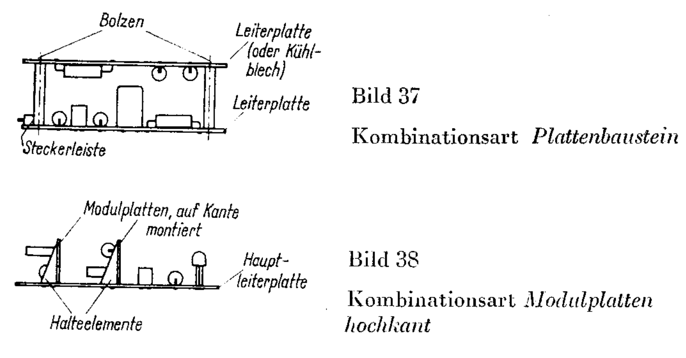


Bild 37

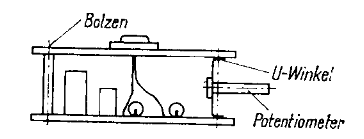
Kombinationsart *Plattenbaustein*

Bild 38

Kombinationsart *Modulplatten hochkant*

Bild 39

Plattenbaustein mit Bedienungselementen



mit einem Leistungstransistor kombiniert werden soll, den man auf einer Kühlfläche anordnet. Die Kühlfläche erhält, sofern das thermisch ausreicht, die gleiche Größe wie die Leiterplatte und wird mit ihr durch Bolzen verbunden. Das ergibt eine kompakte Einheit, die man in ein Gestell einschieben kann oder auch direkt in ein Gehäuse entsprechender Dimensionen. Das 2. Bild trifft besonderes für einzulötende Baugruppen zu, die an einer Kante lötbare Drähte tragen, deren Verbindung mit der Hauptleiterplatte jedoch mechanisch nicht ausreichen würde. Jede Modulplatte bekommt daher mechanische Haltelemente ähnlich denen nach Bild 38.

Falls die Verbindung der Platten (Bild 37) aus einer weiteren Leiterplatte besteht, so läßt sich diese auch für Zwischenverbindungen ausnutzen, oder man setzt weitere Bauelemente auf sie. Schließlich darf eine solche Querplatte auch aus einem U-förmigen Blechwinkel bestehen, der dann wiederum etwa einen Leistungstransistor oder auch Bedienelemente aufnehmen kann. Das wird nochmals kurz in Bild 39 angedeutet.

Im Zusammenhang mit den eingangs behandelten Fragen des elektrischen Aufbaus steht auch die Notwendigkeit, zwischen einzelnen Baugruppen einen Schirm anzubringen, der kapazitive Verkopplungen herabsetzt. Sehr gut geeignet ist dafür ebenfalls kupferkaschiertes Basismaterial. Soll allerdings zusätzlich magnetisch geschirmt werden, dann braucht man Eisenblech.

6.5. Ein Programm steckbarer Bausteine für den Amateur

Vor einigen Jahren brachte der VEB Meßelektronik Berlin in Form von Bausätzen ein Bausteinprogramm auf den Markt,

das in seiner Konzeption noch heute als modern anzusprechen ist. Elektrisch funktionsfähige Bausätze, zusammen mit einer gelochten Leiterplatte und den notwendigen Kontaktelementen für Baustein- und Fassungsseite, ergänzt durch kurze Beschreibungen, gelangten in den Handel. Leider begrenzten die Preise den möglichen Anwenderkreis. Inzwischen haben aber viele Amateure auf dieser Konzeption aufgebaut und sich im Format dieser Baugruppen zahlreiche weitere Funktionseinheiten geschaffen, wie ein Blick in die Literatur beweist. Das einfache Kontaktprinzip, dessen Stecker auf der Leiterplatte nur eine einzige Rastereinheit benötigt, gestattete in Verbindung mit der ebenfalls sehr kleinen Aufnahmeleiste 2 Plattenformate zu schaffen, und zwar mit den Abmessungen von nur 20 mm × 25 mm bzw. 25 mm × 40 mm.

Diese Broschüre wäre unvollständig, würde sie nicht Mindestangaben zu diesen Bausteinen enthalten. Entsprechend seinen Voraussetzungen kann der Leser danach abschätzen, welche der Baugruppen ihn interessieren bzw. ob er sie mit seinen eigenen Mitteln nachbauen kann. Außerdem entstanden auch beim Autor selbst noch einige Bausteine, die in dieses Programm von Format und Anwendungszweck her passen.

Selbstverständlich braucht Anwendung oder Nachbau nicht daran zu scheitern, ob die Steckverbindungen vorhanden sind oder nicht. Man kann durchaus die Baugruppen auch mit einlötbaren Anschlüssen versehen oder die Stecker durch angespitzte 1-mm-Kupferdrähte ersetzen. Federleistenseitig läßt sich normaler 0,4-mm-Bronzedraht ebensogut verwenden wie etwa 0,3 mm dicker Stahldraht. Im folgenden werden zunächst die ursprünglichen Baugruppen des Programms zusammengefaßt und danach einige der für verschiedene Zwecke später entstandenen.*

* Im Teil II wird das inzwischen völlig erneuerte Programm in allen seinen Bestandteilen vorgestellt.

Eingangsbaustein EBS 1 (nur bis 1964)
Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 40.

Dieser Baustein wird mit Hilfe der verschiebbaren Wicklung grob und mit dem Trimmer fein auf den Ortssender eingestellt

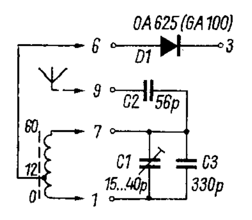


Bild 40
Baugruppe *EBS 1* (Diodeneingangsteil)

(ggf. auch Fest-C variieren). Der Ferritstab liegt außerhalb der Baugruppe. Man kann sie als modernen Detektor bezeichnen; Empfangsergebnisse sind von Sendernähe, Antenne und nachfolgendem Verstärker abhängig.

Eingangsbaustein EBS 2–1 (ab 1964)
Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 41.

Abstimmbar mit dem verschiebbaren Ferritstab oder mit Drehkondensator. Relativ empfindliches Audion; Rückkopplung z. B. mit der Baugruppe *KRS 1* einstellen. Langwellenempfang ist außer Mittelwelle möglich, wenn der Festkondensator von 330 pF mit einem Kunstfoliekondensator von 3300 pF parallelgeschaltet wird und wenn man am Ferritstab abstimmt. Antennenanschluß möglich.

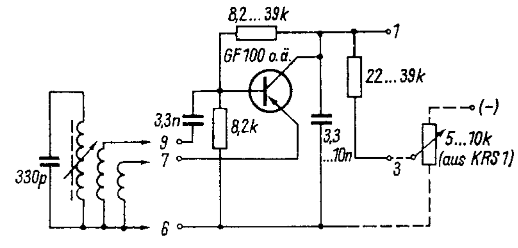


Bild 41 Baugruppe *EBS 2–1* (rückgekoppeltes Audion)

Kleinsignal-Universalverstärker KUV 1
Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 42.

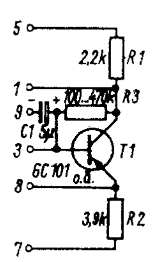


Bild 42
Kleinsignal-Universalverstärker *KUV 1*

Er läßt sich als Emitter-, Kollektor- und Gleichstromverstärker schalten. In Emitterschaltung ergibt sich bei 4 V Betriebsspannung noch bis 150 mV eine unverfälschte Ausgangsspannung bei Sinusaussteuerung im NF-Gebiet. Als Kollektorverstärker kann man mit mindestens 20 kΩ Eingangswiderstand rechnen, er verringert sich bei Anschalten der nächsten Stufe.

2stufiger NF-Verstärker 2NV 1
Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 43.

Dieser 2stufige Emitterverstärker gibt an einen Lastwiderstand von etwa 2 kΩ etwa 150 mV unbeschnittener Ausgangsspannung ab, wenn an seinem Eingangswiderstand von ebenfalls etwa 2 kΩ etwa 3 mV NF-Sinusspannung stehen. Sein Frequenzgang ist einstellbar, dafür sorgen der herausgeführte Anschluß des Koppelelkos zur 2. Stufe und der 15-nF-Kondensator. Der ebenfalls herausgeführte Basisanschluß der 2. Stufe erlaubt eine Veränderung ihres Arbeitspunkts bei niederohmigen Lasten.

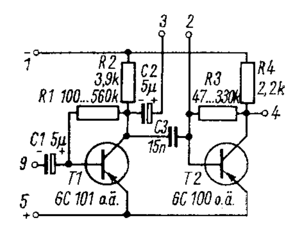


Bild 43
2stufiger NF-Verstärker *2NV 1*

Kombiniertes Regel- und Siebglied KRS 1

Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 44.

Exakt müßte es *Einstellglied* heißen; zum Einstellen dient ein 5-kΩ-Potentiometer als Bestandteil der Baugruppe, die im übrigen 2 Siebglieder zum Entkoppeln von Vorstufenspannungen gegenüber den Beeinflussungen durch die Endstufe enthält. Das Potentiometer kann zur Einstellung der Lautstärke bei *KUV 1* und *2NV 1*, aber auch für den Rückkopplungsgrad des *EBS 2–1* benutzt werden.

Gegentaktendstufe mit Treiber GES 4–1

Format 25 mm × 40 mm, Stromlaufplan Bild 45.

Bei 6 V Betriebsspannung (zum Zeitpunkt der Entwicklung durch die Elkos festgelegt; dementsprechend wurde auch der Arbeitspunkt eingestellt) gibt die Baugruppe bei etwa 5 mV am Eingangswiderstand von etwa 1 kΩ an einen 5-Ω-Lautsprecher etwa 40 mW ab. Ihre Leistung läßt sich erhöhen, wenn ein

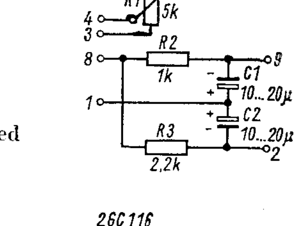


Bild 44

Kombiniertes Regel- und Siebglied *KRS 1*

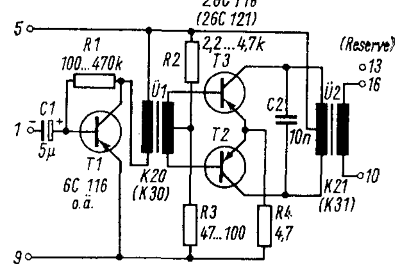
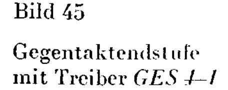


Bild 45


Gegentaktendstufe mit Treiber *GES 4–1*

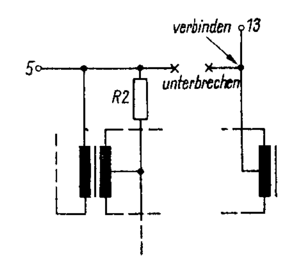


Bild 46

Trennung der Speisung für den Ausgangsteil der *GES 4–1*

Elko für 10 V Betriebsspannung eingesetzt und der Endstufenarbeitspunkt so korrigiert wird, daß man mit 9 V Betriebsspannung arbeiten kann. Dann empfiehlt sich aber ein 8-Ω-Lautsprecher. Andererseits läßt sich die Kombination *K20/K21* durch die Übertrager *K30/K31* ersetzen, was bei 6 V an 8 Ω eine höhere Sprechleistung ergibt. Eine bessere Anpassung an die verschiedenen Einsatzfälle gewährt folgende Änderung: Der Minus-Leitungszug wird entsprechend Bild 46 aufgetrennt und die abgetrennte Seite mit Reservekontakt 13 verbunden. Das ist besonders bei Speisung aus einem Netzteil günstig, weil dann die weniger brummempfindliche Endstufe vor die für die Vorstufen empfehlenswerten Siebglieder gelegt werden kann.

2stufiger Gleichstromverstärker 2GV 1–1

Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 47.

Dieser in der Schaltung einfach gehaltene Verstärker ist weniger als Proportionalverstärker, sondern vielmehr im Sinn eines elektronischen Schalters einsetzbar. Die kleinen Steuer-

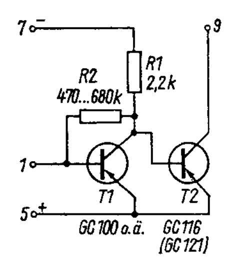


Bild 47

2stufiger Gleichstromverstärker *2GV 1–1*

ströme sollten so groß sein, daß sie mit Hilfe des 1. Transistors den ohne Signal geöffneten 2. Transistor vollständig schließen (realisierbar z. B. bei Lichtschranken u. ä.).

Ein Widerstand in der Größenordnung von 1 bis 5 Ω zwischen Emitteranschluß und Plus läßt den *2GV 1–1* zum Schmitt-Trigger werden, der bei etwa 250 mV (temperaturabhängig) am Eingang schlagartig in den gesperrten Zustand übergeht, sofern der Widerstand der Quelle unter etwa 1 kΩ liegt. Mit einem *KUV 1* als Vorstufe in Kollektorschaltung wird daraus ein recht empfindlicher Schalter, der schon auf wenige Mikroampere Eingangsstrom bei etwa 300 mV mit Umschalten reagiert.

Ausgangsseitig ist bei der Originalbestückung zu berücksichtigen, daß es sich um einen Transistor ähnlich *GC 121* handelt (Strom- und Leistungsgrenze beachten, Lämpchen daher mit Vorwiderstand wegen Kaltstromstoß betreiben; im Dauerbetrieb nicht P_{max} des Transistors überschreiten). Es empfiehlt sich daher bei Nachbauten, einen *GC 301* an dieser Stelle einzusetzen, der einen höheren Kollektorstrom aushält.

Rufgenerator RG 1–1

Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 48.

Bei einer maximalen Betriebsspannung von etwa 4,5 V gibt dieser Tongenerator an einen 5-Ω-Lautsprecher etwa 40 mW ab. Er kann daher sowohl zum Betrieb einer ganzen Reihe von Kopfhörern beim Morseübungsbetrieb eingesetzt werden als auch in lautsprecherbestückten Übungsgeräten.

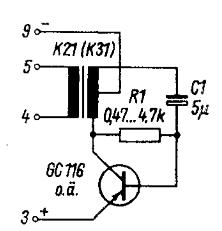


Bild 48

Rufgenerator *RG 1–1*

Außerdem verwendet man ihn in Wechselsprechanlagen-Nebenstellen als Ruftonerzeuger, und schließlich ist er als Alarmgeber in Überwachungsschaltungen einsetzbar.

Bei diesen bisher im Handel erhältlichen Baugruppen wurde aus Platzgründen auf die Wiedergabe von Leitungsmuster und Bestückungsplan verzichtet. Interessenten finden diese Bilder im eingangs genannten Buch, wenn sie nicht die für sie in Frage kommenden Baugruppen noch im Handel erworben haben. Es sei an dieser Stelle auf eine wesentliche Verbesserung ihres Gebrauchswerts aufmerksam gemacht, die in Verbindung mit dem angedeuteten neuen Programm vorgesehen ist und die voraussichtlich noch Ende 1969 für alle Interessenten wirksam werden dürfte. Es handelt sich um 3 Größen farbiger Polystyrolkappen, in denen man die fertigen Baugruppen unterbringen kann. Bei den beiden auf der Kante stehenden Größen des Formats 20 mm × 25 mm (flache und höhere Bausteinausführung) wird die Kappe unten noch durch einen Deckel verschlossen, der Löcher für die Stecker enthält, während für 25 mm × 40 mm eine unten von der Leiterplatte abzuschließende Haube vorgesehen ist. Bild 49 und 50 vermitteln einen Eindruck davon. Dadurch werden die Bausteine tatsächlich zu nach außen abgeschlossenen Einheiten und sind auf diese Weise vor zufälligen Beschädigungen bei der Benutzung gut geschützt.

Außerdem sei im Zusammenhang mit Bild 13 im Kapitel „Brettschaltungen" auf die beiden im Format von *Amateur-Elektronik* geschaffenen Universalplatten verwiesen, die Bild 13 im bestückten Zustand zeigt. Auf diesen entstand ein Teil der im folgenden beschriebenen Baugruppen, die sich der Amateur also jederzeit zusätzlich zu dem vorgestellten Sortiment für spezielle Zwecke aufbauen kann. Diese Platten erlauben eine große Freizügigkeit in der Anordnung der Bauelemente, die teils an den Lötinseln angelötet und teilweise auch einfach – wie von Lochplatten her gewohnt – mit ihren Anschlüssen untereinander verdrahtet wurden. Die mit 1-mm-Löchern versehenen Lötinseln stellen damit zunächst die

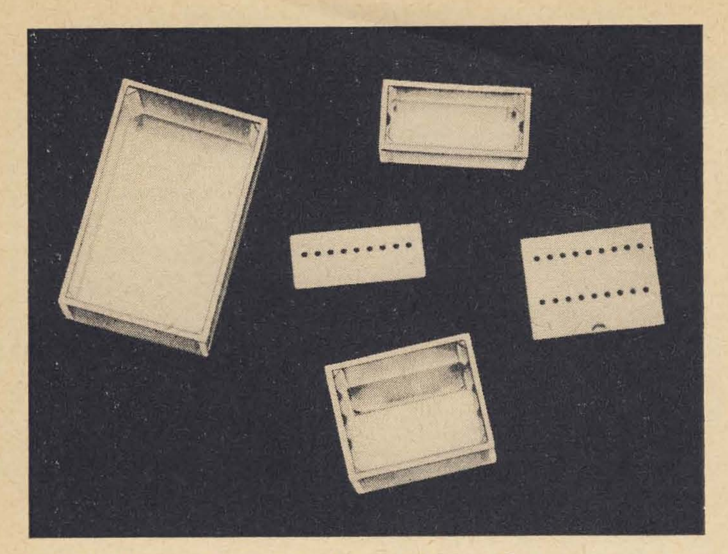


Bild 49 Polystyrolkappen für *Amateur-Elektronik*-Baugruppen

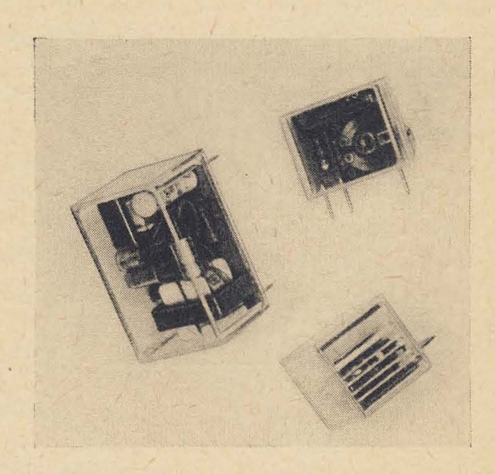


Bild 50

Baugruppen in Kappen nach Bild 49 (durchsichtige Ausstellungsexemplare)

Montage für die Bauelemente sicher und bieten danach auch noch eine gute Befestigungsmöglichkeit.

Verdrahtet wird mit verzinntem Schaltdraht von etwa 0,5 mm Durchmesser. Dabei folgt man dem Verlauf der Lötinseln in beiden Richtungen des Rasternetzes und benutzt sie ggf. als Zwischenstützpunkte. Beim Entwurf einer solchen Leiterplatte ist also zunächst abzuschätzen, welches Format in Frage kommt, wobei vorwiegend vertikale oder horizontale Bauelementmontage möglich ist. Nach der sich auf diese Weise ergebenden Höhe wählt man – wenn erhältlich – dann die passende Kappe.
Neben dieser kleinen Auswahl an Bausteinen auf Universalplatten werden 3 Superbausteine beschrieben (S 92), deren große Leitungsdichte 1-mm-Raster bei der Lochanordnung erforderte.

Im Zuge der Entwicklung eines Lichttelefons mit Netzanschlußmöglichkeit (Bild 35) entstanden die folgenden Bausteine, die als Anregung bezüglich der Vielseitigkeit eines solchen Bausteinsystems gezeigt werden. Die Ziffern im Schaltbild geben an, wo entsprechend dem allgemeingültigen Steckerschema des Programms gemäß Bild 51 die Anschlüsse liegen. Auf eine Wiedergabe von Bestückungs- und Verdrahtungsschema wurde aus Platzgründen verzichtet.

Übertrager-Koppelglied ÜKG 1

Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 52.

Einziges Bauelement dieser steckbaren „Gruppe" ist ein Kleinübertrager *K21* oder *K31*; eine RC-Arbeitspunktkombination könnte sie erweitern. Man kann diese Einheit

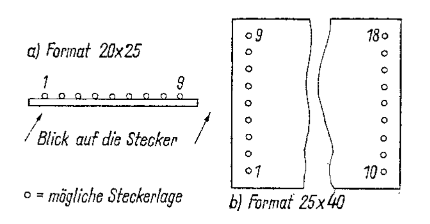
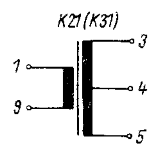


Bild 51

Anschlußschema der Steckerstifte bei allen Baugruppen des Programms;
a – Format 20 mm × 25 mm,
b – Format 25 mm × 40 mm

Bild 52

Übertrager-Koppelglied
ÜKG 1



sowohl ein- als auch ausgangsseitig an einen Verstärker anschließen, der einen Kleinlautsprecher entweder als Mikrofon oder als Wiedergabeorgan benutzt.

Kondensator-Koppelglied CKG 1

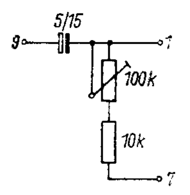
Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 53.

Mit seiner Hilfe läßt sich z. B. der *2GV 1–1* als Wechselspannungsverstärker mit einstellbarem Arbeitspunkt betreiben, so daß er im Zusammenhang mit einer Lampe im Ausgangskreis als Sender für moduliertes Licht arbeiten kann.

Lichtempfindlicher Eingang LE 1

Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 54.

Lichteintritt seitlich. Er enthält eine Fotodiode und einen einstellbaren Spannungsteiler für das günstigste Potential.



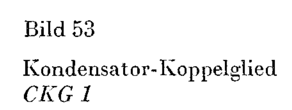
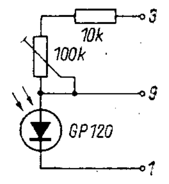


Bild 53

Kondensator-Koppelglied
CKG 1



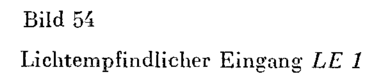


Bild 54

Lichtempfindlicher Eingang *LE 1*

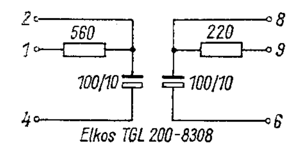


Bild 55

Doppeltes NF-Siebglied *NSG 1*

Doppeltes NF-Siebglied NSG 1
Format 20 mm × 25 mm (mit Leiterplattenstreifen 10 mm × 25 mm statt Kappenboden), Stromlaufplan Bild 55.

Diese Baugruppe kann bei netzbetriebenen Schaltungen den erforderlichen größeren Siebfaktor bereitstellen und ist auch als Zeitglied verwendbar. Beide RC-Glieder sind völlig voneinander getrennt.

Gleichrichterteil GRT 2
Format 25 mm × 40 mm, Stromlaufplan Bild 57.

Diese Baugruppe vermag aus einem 8-V-Klingeltrafo eine stabilisierte Spannung von etwa 6 V und außerdem für die Vorstufen mehrstufiger Verstärker daraus nochmals eine zusätzlich gesiebte Spannung zur Verfügung zu stellen. Sie kann daher z. B. direkt ab Zenerdiode die Endstufe der *GES 4–1* und aus dem zusätzlichen Siebglied einen *2NV 1* versorgen. Dahinter könnte ein *EBS 2–1* über das *KRS 1* und (einstellbar) aus dessen Potentiometer seine Betriebsspannung beziehen.

Gleichrichterteil GRT 1
Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 56.

4 Gleichrichter *GY 100* lassen sich beliebig in Einweg-, Zweiweg- oder Graetz-Schaltung betreiben. Auch die Verwendung in logischen Schaltungen kleiner Schaltgeschwindig-

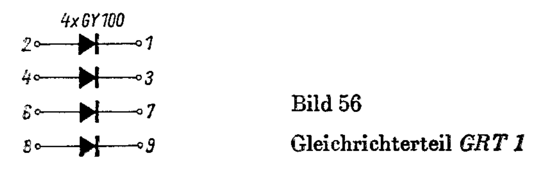


Bild 56

Gleichrichterteil *GRT 1*

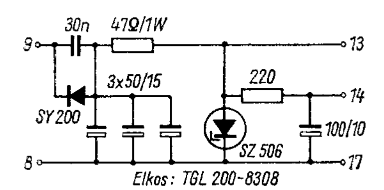


Bild 57
Gleichrichterteil *GRT 2*

keiten ist möglich. In Empfängeranwendungen sollte man zur Unterdrückung von Brummodulation etwa 30 nF große Kondensatoren über die betreffenden Gleichrichter legen, wie das auch beim *GRT 2* geschah.

Aus dem Bauplan *Dialog-Kombi* stammen u. a. 2 Baugruppen, die sich sicher ebenfalls vielseitig einsetzen lassen:

A-Endstufe AES 2

Format 25 mm × 40 mm, Stromlaufplan Bild 58.

Diese Darlington-Schaltung enthält in der 2. Stufe einen auf einem kleinen Kühlblech montierten Leistungstransistor und gestattet daher größere Ausgangsströme. Man kann sie als eisenlose A-Endstufe – allerdings mit zusätzlichem Basiswiderstand; $U_B \leq$ 4,5 V–, aber auch als Schaltverstärker im Zusammenhang mit Relais und Lampen benutzen. Im letztgenannten Fall ist die Basis des 1. Transistors zusätzlich herauszuführen.

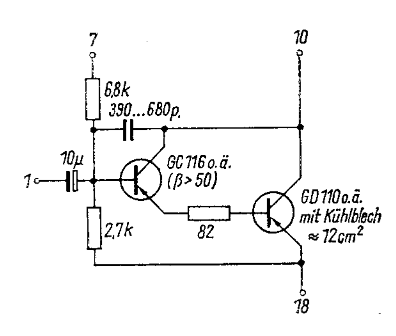


Bild 58
A-Endstufe *AES 2*

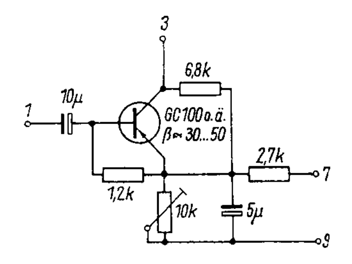


Bild 59

Regelverstärke *RV 1*

Regelverstärker RV 1

Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 59.

Er wurde für den Betrieb der *AES 2* mit gleitendem Arbeitspunkt entwickelt (Ableitung eines Öffnungspotentials in Abhängigkeit von der Aussteuerung); der Elektronikamateur wird aber sicher noch andere Einsatzmöglichkeiten finden.

Zum Schluß nun noch die 3 Superbausteine.

Mischerbaustein MBS 1

Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 60.

Mit der Oszillatorspule des *Sternchen* und einem AM-5-Filter von Stern-Radio Berlin, einem außen anzuschließenden *Sternchen*-Drehko und einer passenden Ferritabwicklung erhält man einen Mittelwellenmischer, an den ein beliebiger ZF-Verstärker angeschlossen werden kann.

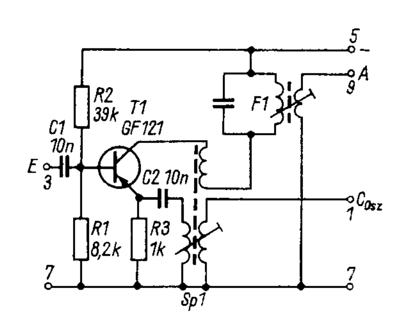


Bild 60

Mischerbaustein *MBS 1*

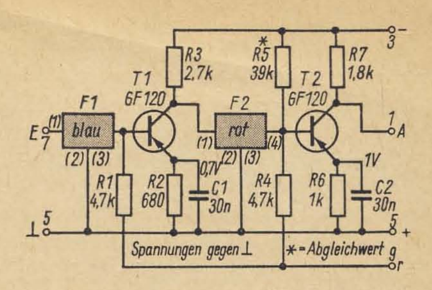


Bild 61

ZF-Verstärkerbaustein *ZFV 1*

ZF-Verstärkerbaustein ZFV 1

Format 20 mm × 25 mm (sehr eng!), Stromlaufplan Bild 61 (nach Herstellerangaben bezüglich der verwendeten keramischen Filter).

Die Regelspannung wird vom Demodulator zugeführt (s. nächste Baugruppe).

Demodulatorbaustein DBS 1

Format 20 mm × 25 mm, Stromlaufplan Bild 62 (ebenfalls nach Empfehlungen der KWH).

Das Potentiometer für die Einstellung der NF-Amplitude des NF-Verstärkereingangs ist außen anzuschließen, es kann z. B. das des *KRS 1* sein.

Diese letzten 3 Vorschläge sind für den erfahreneren Amateur gedacht; besonders der *ZFV 1* erfordert hohe Präzision im Aufbau. Daher wurde auf die Wiedergabe der Leitungsmuster verzichtet. Der Anfänger sollte besser auf extreme Kleinheit seines Geräts verzichten und die Bau-

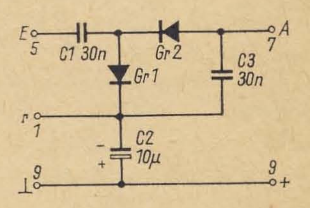


Bild 62

Demodulatorbaustein *DBS 1*

elemente auf einer Platte 25 mm × 40 mm anordnen. Bausteine dieser Art können erst richtig gelingen, wenn man bereits „Super"-Erfahrung hat (Einstellproblem!).

Mit der Vorstellung dieser teils noch käuflichen, teils selbst herzustellenden Schaltungen sind die Möglichkeiten dieses Programms natürlich nicht erschöpft, wohl aber die der Beschreibung in dieser Broschüre (Vorstellung des erneuerten und erweiterten Programms im Teil II).

6.6. Dünnschichtschaltkreise in der Amateurpraxis

Nach Abdeckung des Industriebedarfs werden bei entsprechender Produktion sicher in nicht allzu ferner Zukunft die produzierten Schaltkreise auch dem Amateur zugänglich sein. Dadurch wird aber das vorgestellte Programm nicht überflüssig, sondern sinnvoll erweitert. Bei diesen Schaltkreisen hat der Amateur erstmalig Gelegenheit, tatsächlich nur noch mit vorgegebenen Grundschaltungen zu operieren, während ihm *Amateur-Elektronik* auch weiterhin die Möglichkeit gibt, vorher den Inhalt des Bausteins durch eigenes Erleben beim Zusammenbau kennenzulernen. Die eingegossenen Schaltkreise haben zunächst für den in seinen Mitteln begrenzten Amateur einen weiteren Nachteil: Man muß sie einlöten. Der Autor hat daher aus der Laborpraxis heraus eine besonders für den Bastler sehr günstige Veränderungsmöglichkeit vorgeschlagen (vgl. *radio-fernsehen-elektronik* 9/69): Aus 2 Rastereinheiten breiten und der Schaltkreisgröße entsprechend langen Streifen der bereits vorn vorgestellten Streifenleiterplatte werden mit Hilfe von 1-mm-Steckerstiften des *Amateur-Elektronik*-Programms und mit deren Federleisten als Gegenkontakten diese Schaltkreise steckbar gemacht, so daß man sie genau wie die vorher beschriebenen Baugruppen beliebig oft einsetzen kann. Die Bilder 63, 64 und 65 geben die notwendigen Informationen.

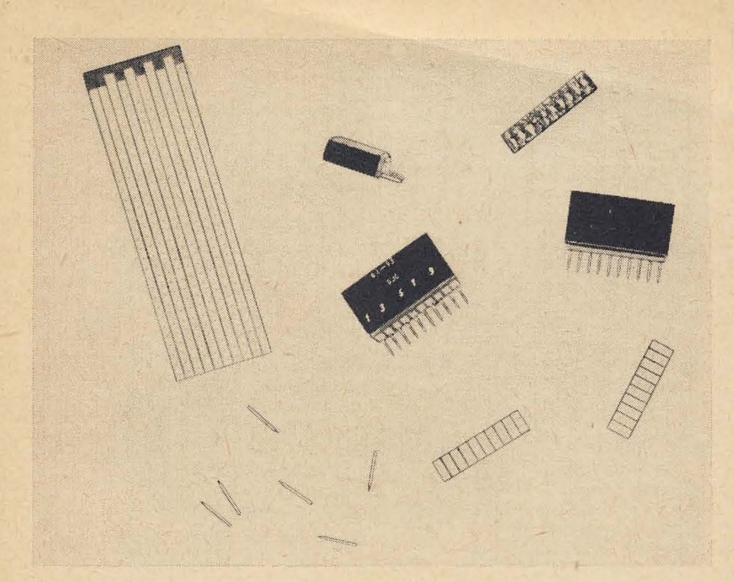


Bild 63 Leiterplattenstreifen für die Kontaktierung von *KME-3*-Bausteinen und sein Einsatz

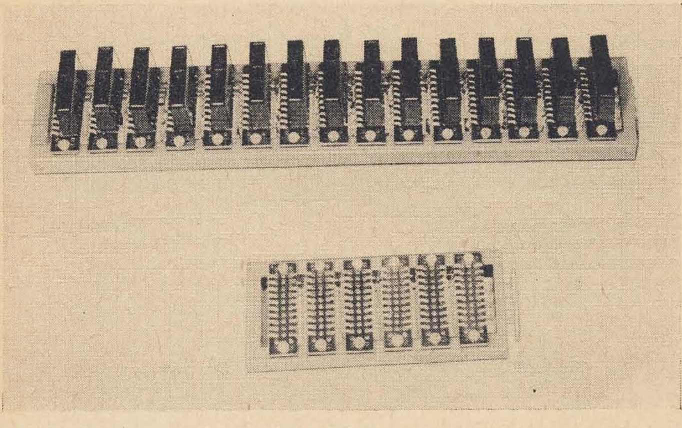


Bild 64 Steckbar gemachte *KME-3*-Bausteine

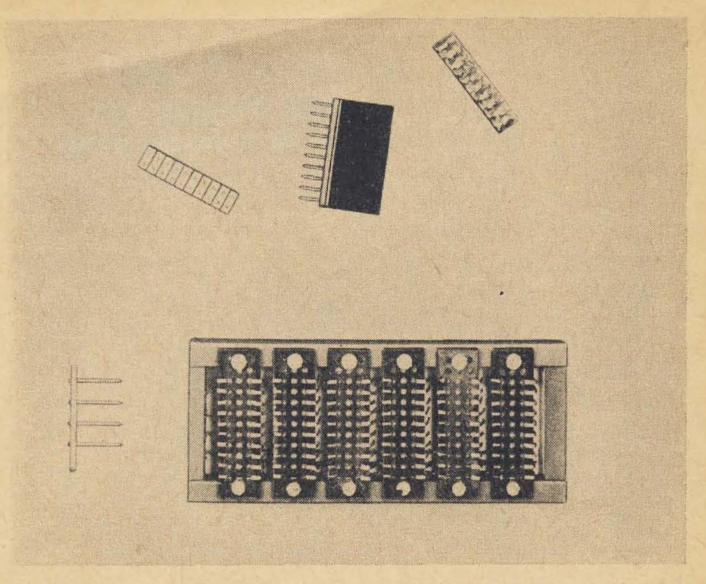


Bild 65 Trägerstreifen mit Federleisten für *KME -3*-Bausteine

Und das sind die Hauptkapitel, die der Teil II behandelt wird:

— Das neue Programm „Komplexe Amateurelektronik"
— Trägerkonstruktionen
— Bedienungs- und Informationsorgane
— Stromversorgung
— Gehäuse
— Endziel: Das Gerät
— Abkürzungen
— Literaturhinweise





DEUTSCHER
MILITÄR-
VERLAG

